ACADEMIE DE PARIS

UNIVERSITE RENE DESCARTES

FACULTE DE MEDECINE COCHIN PORT-ROYAL

N° 195

Année 1975

THESE

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d' Etat)

par

OUDIN Jean-Loup Xavier

né le 2 Septembre 1947 à PARIS (13°)

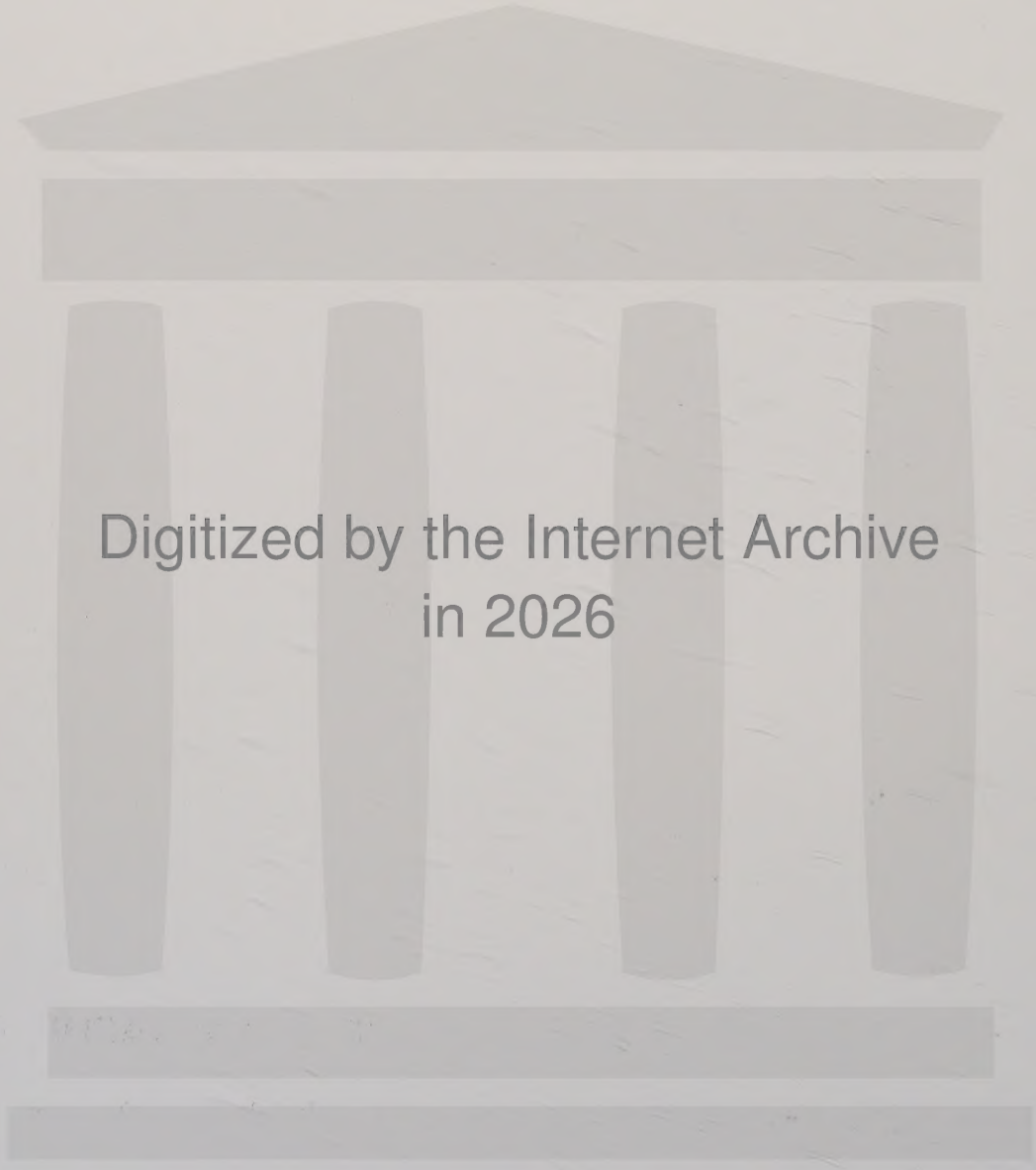
Présentée et soutenue publiquement le:

EVALUATION DES MODIFICATIONS DE L'ETAT D'EVEIL A L'AIDE D'UNE EPREUVE ELECTRO-OCULOGRAPHIQUE

APPLICATION DE CETTE EPREUVE A LA TACHE DES OFFICIERS CONTROLEURS DE LA CIRCULATION AERIENNE

Président: Monsieur R. LEMAIRE , Professeur

Imprimé par l'Atelier de Reprographie du Service Technique des Bases Aériennes


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548127_0013

ACADEMIE DE PARIS

UNIVERSITE RENE DESCARTES

FACULTE DE MEDECINE COCHIN PORT-ROYAL

Année 1975 N°

THESE

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d' Etat)

par

OUDIN Jean-Loup Xavier

né le 2 Septembre 1947 à PARIS (13°)

Présentée et soutenue publiquement le:

EVALUATION DES MODIFICATIONS DE L'ETAT D'EVEIL A L'AIDE D'UNE EPREUVE ELECTRO-OCULOGRAPHIQUE

APPLICATION DE CETTE EPREUVE A LA TACHE DES OFFICIERS CONTROLEURS DE LA CIRCULATION AERIENNE

Président: Monsieur R. LEMAIRE , Professeur

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

A la mémoire de mon grand-père Georges OUDIN

Ingénieur des Arts et Métiers et de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

A mon grand-père Gaston DURAND

A mes parents

Avec toute mon affection et ma reconnaissance pour les sacrifices qu'ils ont dû consentir afin de m'aider à mener à bien mes études.

A Monsieur le Docteur Jean de LAREBEYRETTE

Ses conseils précieux et la grande disponibilité de son esprit ont guidé nos pas tout au long de nos études.

Qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.

A Monsieur le Professeur J. FREZAL

Président de l'Université RENE DESCARTES

A Monsieur le Professeur G. DILLEMANN
et Monsieur le Professeur A. GIRARD

vice-présidents de l'Université RENE DESCARTES

et à tous ceux de nos collègues, avec qui nous avons porté notre contribution aux destinées de l'Université, au sein du Bureau, et du Conseil de l'Université.

A notre Maître Monsieur le Professeur F. DELBARRE

vice-président de l'Université RENE DESCARTES

Doyen de la Faculté de Médecine COCHIN PORT-ROYAL

Son dynamisme, son esprit plein de rigueur et de générosité nous ont séduit, tant au cours de son enseignement qu'à la tête du conseil de la Faculté.

Qu'ils trouvent ici l'expression de notre plus profond respect.

A nos Maîtres des Hôpitaux

A Monsieur le Professeur F. SIGUIER (in memoriam)

Monsieur le Professeur B. KREIS

Monsieur le Professeur Agrégé LE TAN

Monsieur le Professeur G. MAZARS

Monsieur le Professeur Agrégé J.P. CHODKIEWICZ

Monsieur le Professeur P.-P. PETIT

A ceux qui ont contribué à notre formation au sein de la Fondation BARTH et plus particulièrement

A Monsieur le Docteur I. DREYFUS (in memoriam)

et Monsieur le Docteur R.J. CHEVALIER

Qu'ils trouvent tous ici le témoignage de notre reconnaissance et de notre profonde gratitude.

A notre Maître le Professeur B. SCHRAMM

Nous lui sommes très reconnaissants de l'enseignement dont nous avons bénéficié au sein de son service. Son sens aigu de la pédagogie, ses connaissances et la grande disponibilité de son esprit nous ont permis de découvrir les disciplines histologiques.

Qu'il veuille trouver ici la marque de notre respectueuse admiration et de notre profonde gratitude.

A Mademoiselle M. BERTHAUD

dont la collaboration nous fut précieuse au cours de la prise des données nécessaires à ce travail.

Qu'elle trouve ici l'expression de notre reconnaissance.

A ceux de mes collègues qui ont participé avec nous à l'enquête du Secrétariat Général à l'Aviation Civile.

Mme le Docteur Y. FOURNIER

Messieurs B. BEN JILHANI

B. BIOT

D. DEROCHE

A notre Maître Monsieur le Professeur M.V. STRUMZA

Nous lui devons la découverte de la Médecine Aéronautique et nous rendons hommage à son enseignement.

Qu'il trouve ici l'expression de notre plus profond respect.

A Monsieur le Docteur J. COBY

Médecin Chef du Secrétariat Général à l'Aviation Civile

Sous sa direction, nous avons participé à l'enquête auprès des Officiers Contrôleurs de la Circulation Aérienne, dont sont issues les données de ce travail.

Nous rendons hommage à son don d'organisation pour la prise d'informationssur le terrain, et sa rigueur d'esprit qui ont permis de nous fournir des données solides.

Qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect.

A Monsieur le Docteur R. NOLLAND

Médecin de la Région Aéronautique Nord

Son esprit d'analyse nous a été d'un grand secours, au moment de l'enquête, et par la suite pour la collecte des données.

Qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde gratitude.

A Monsieur le Médecin en Chef R. ANGIBOUST

Sous-Directeur du Centre de Recherche
de Médecine Aéronautique

Son intelligence pénétrante, son enthousiasme et la grande disponibilité de son esprit nous ont conduit à nous attacher aux disciplines psychophysiologiques.

Qu'il trouve ici l'expression de notre sincère admiration et de notre plus profond respect.

A Monsieur le Médecin Principal J.P. PAPIN

Sa précieuse collaboration, et son enseignement riche en analyse critique, nous ont montré l'étendue des difficultés qui surgissent au moment où l'on veut aborder l'étude de l'homme dans son milieu ambiant habituel.

Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

A Monsieur le Professeur R. LEMAIRE

Il nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Ses conseils judicieux et sa grande expérience de la Médecine Aéronautique nous ont permis de mener à bien ce travail.

Qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde admiration et de notre plus vive reconnaissance.

A Mademoiselle M.F. BARUSTA

Secrétaire

dont la grande compétence et la patience inépuisable ont permis de mener à bien la dactylographie de ce travail.

P L A N

00 - INTRODUCTION

I - LE CONTROLE AERIEN

10 - INTRODUCTION

11 - LE CONTROLE

12 - LES CONTROLEURS

121 - Leur formation

122 - La tâche du contrôleur

123 - L'organisation du travail

1231 - L'équipe

1232 - Le poste de travail

II - SURVEILLANCE DE L'ETAT D'EVEIL

20 - INTRODUCTION

21 - LES MOUVEMENTS DE DEPLACEMENT DE L'AXE OPTIQUE

LES MODALITES DE L'EXPLORATION OCULAIRE

211 - La mise au point optique : les mouvements d'accommodation-convergence

212 - La poursuite ou l'acquisition d'une cible en mouvement

213 - L'exploration d'une présentation plane statique

2131 - Caractéristiques des pauses

2132 - Caractéristiques des saccades : amplitude, durée, vitesse et vitesse maximale

22 - ETUDE DU POSITIONNEMENT OCULAIRE ET ETAT D'EVEIL

221 - Indices qualitatifs

222 - Indices quantitatifs : durée des pauses oculaires et vitesse maximale des saccades

...

223 - Standardisation d'une épreuve oculaire

224 - L'Electro-Oculographie

225 - Les indices oculographiques

2251 - La morphologie générale du positionnement, indices qualitatifs

2252 - Indices quantitatifs du positionnement par saccades

226 - Intérêt de l'utilisation de l'Electro-Oculographie

III - LE RECUEIL DES DONNEES

30 - INTRODUCTION

31 - LES SUJETS EXAMINES

31 - LA TECHNIQUE DE L'ELECTRO-OCULOGRAPHIE

321 - Les électrodes

322 - Les amplificateurs

323 - L'enregistreur

33 - L'EPREUVE OCULOGRAPHIQUE, SES CONDITIONS DE PASSAGE

34 - LE PLAN DE RECUEIL DES DONNEES, LES SOURCES DE VARIATION RETENUES

341 - L'âge des sujets

342 - Les centres de contrôle

343 - La tâche

344 - Les vacations

345 - L'ordre de passage du test en fonction des vacations

346 - Les séquences du test

347 - Le sens des déplacements oculaires

IV - LES RESULTATS

40 - INTRODUCTION

...

41 - ANALYSE QUANTITATIVE DE LA MORPHOLOGIE DES OCULOGRAMMES

42 - ETUDE DES INDICES QUANTITATIFS

421 - La répartition des données exploitables

422 - Les moyens du traitement des données

423 - Résultats en fonction de l'âge des sujets et des centres

4231 - La répartition des âges en fonction des centres

4232 - Influence de l'âge

4233 - Influence des centres

424 - Résultats en fonction des vacations, de la tâche, des séquences du test et du sens des saccades

4241 - Analyse du paramètre durée des pauses oculaires

4241 - Analyse du paramètre vitesse maximale des saccades

V - DICUSSION DES RESULTATS

51 - RESULTATS QUALITATIFS

52 - RESULTATS QUANTITATIFS

521 - Durée des pauses oculaires

522 - Vitesse maximale des saccades

53 - INTERET DE L'ETUDE

VI - CONCLUSIONS

VII - BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE

OO - INTRODUCTION

L'augmentation constante du trafic aérien, les progrès de la technologie et le nombre croissant des personnes transportées par chaque vol, ont progressivement modifié la tâche des Officiers Contrôleurs de la Circulation Aérienne. Aussi, le Secrétariat Général à L'Aviation Civile a jugé nécessaire une enquête destinée à étudier les conditions de travail des contrôleurs de la circulation aérienne affectés au contrôle régional.

Cette enquête a été confiée à plusieurs équipes, des psychologues, des sociologues et des médecins. Le présent travail a été effectué dans le cadre de l'étude médicale.

On a cherché à apprécier d'une manière objective le maintien de l'éveil du personnel en fonction du travail. Dans ce but, nous avons utilisé comme indice, l'enregistrement électro-oculographique des mouvements de positionnement oculaire par saccades. En effet, des travaux récents (ANGIBOUST 1972, 1973 & 1974) ont montré que les mouvements saccadiques disparaissent dans les états de somnolence et sont remplacés par des positionnements oculaires par mouvements lisses.

Il nous a paru intéressant d'utiliser cet indice, reflétant directement l'état fonctionnel de l'analyseur visuel, pour évaluer l'état d'éveil de ces contrôleurs.

I - LE CONTROLE AERIEN

10 - INTRODUCTION

L'Aéronautique, très tôt, a eu besoin des transmissions hertziennes, tant se sont avérées nécessaires les liaisons avec le sol pour la navigation aérienne. Primitivement, l'équipage devait assurer sa navigation et sa sécurité à l'aide d'indications venues du sol : informations météorologiques, position obtenue par radiogoniométrie, radio-compas ; mais avec l'expérience du trafic aérien des opérations militaires de la seconde guerre mondiale, en Septembre 1944, la convention de CHICAGO a défini le contrôle comme une tâche d'anticollision. C'est à dire que le contrôle consiste à assurer l'écoulement du trafic dans des conditions optimales de sécurité, suivant des normes bien définies. Jusque vers 1955, le contrôle consistait en un travail de classement des avions, d'après leur plan de vol, les indications de la radiogoniométrie, les informations fournies par les avions. Puis à partir de cette époque, le RADAR est utilisé, mais les échos des avions ne sont pas identifiés (écho primaire).

Enfin, depuis 1965, les avions sont identifiés et étiquetés sur l'écran radar même. Le contrôle a été modifié par le traitement automatique des informations, mais le travail du contrôleur, s'il peut en être facilité, n'en demeure pas moins fondamental.

Il est à noter que, même à l'heure actuelle, le contrôle concerne la circulation aérienne au-dessus des U.S.A. et de l'Europe. La France, se trouvant au carrefour des circulations est-ouest et nord-sud, le plus important du Monde, a dû organiser avec un soin tout particulier le contrôle de la circulation qui la survole.

11 - LE CONTROLE

Pour chaque vol, un avion doit être pris en charge par deux organismes de contrôle :

- le contrôle d'approche, qui prend en charge les avions lorsqu'ils quittent les routes aériennes, jusqu'à leur atterissage, ou du décollage jusqu'à l'insertion dans le trafic général ; les contrôleurs qui y sont affectés ne font pas l'objet de cette étude ;

- le contrôle régional, qui se charge de guider les avions sur les routes aériennes.

Buts et organisation du contrôle régional :

Le contrôle régional doit assurer l'écoulement de la circulation aérienne des avions civils et militaires qui empruntent les routes aériennes françaises.

L'utilisation des espaces aériens fait l'objet de réglementations très strictes. Des zones sont réservées aux militaires, d'autres aux vols d'essais, et la circulation s'effectue dans des couloirs entre ces zones. Dans ces couloirs, l'espace est subdivisé en niveaux permettant le passage d'avions à des altitudes différentes.

Tout le contrôle régional de la France est assuré par trois centres : Orly/Athis-Mons pour la région nord, Aix en Provence pour le sud-est et Mérignac pour le sud-ouest. Chaque région possède ses particularités : trafic civil intense sur la région nord, avec les aéroports de la région parisienne, contraintes dans les altitudes inférieures dues au relief des Alpes pour le sud-est, et trafic militaire plus dense dans le sud-ouest.

12 - LES CONTROLEURS

121 - Leur formation

Les Officiers Contrôleurs de la Circulation Aérienne, ont deux origines : les uns sont d'anciens contrôleurs militaires, les autres sont issus de l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile (E.N.A.C.). Peuvent entrer à l'E.N.A.C. les bacheliers de l'enseignement secondaire, après avoir passé un concours d'entrée, et avoir été déclarés aptes aux conditions physiques requises.

Après un an de formation, ils sortent de l'école comme contrôleurs

...

débutants ; ils viennent alors en centre de contrôle où ils commencent à prendre contact avec leur travail sur simulateur, puis en position réelle, pris en main par un premier contrôleur, qu'ils aident graduellement, au fur et à mesure de leurs progrès. Suivant l'intensité du trafic, la disponibilité de leurs aînés, et leur nombre, au bout d'un an à un an et demi, ils sont contrôleurs qualifiés. Puis ils entrent en instruction pour passer Premier Contrôleur après un examen. La durée de cette dernière période est assez variable.

Une fois acquis le titre de Premier Contrôleur il n'y a plus de qualification supérieure. Seules des fonctions administratives forment la hiérarchie : chef d'équipe, chef de quart, chef de salle.

122 - La tâche du contrôleur

Avant de partir, le commandant de bord d'un avion doit déposer son plan de vol ; il peut être accepté ou refusé. Dès qu'il est accepté, c'est un véritable contrat.

Pendant le vol, le pilote devra accepter toutes les directives que le contrôle lui donnera. De leur côté, les contrôleurs sont responsables de la sécurité de l'avion vis à vis des risques de collision.

Les normes de sécurité sont : une séparation de 5 minutes horaires, ou de 5 miles nautiques, pour des avions à la même altitude ; et une séparation verticale de 1 000 pieds, jusqu'à 30 000 pieds d'altitude et 2 000 au dessus.

Aussi, le principal soucis du contrôleur est de résoudre des "conflits" en harmonisant le trafic dans le secteur qu'il surveille ; pour ce faire, il peut, par exemple faire modifier son cap à un avion, son niveau (altitude exprimée en centaines de pieds). Deux avions sont dits en conflit, lorsque continuant chacun leur vol dans les mêmes conditions, ils sont susceptibles d'entrer en collision.

La hantise du contrôleur est "l'air miss", qui représente la faute professionnelle : l'air miss est réalisé lorsque deux avions passent l'un près de l'autre en dehors des normes de sécurités données plus haut, ou entrent en collision, bien entendu. Outre la sanction administrative, c'est surtout le nombre croissant de vies humaines en jeu qui augmente la crainte de l'air miss. La conscience de devoir assurer la sécurité de plusieurs centaines de personnes à la fois explique la charge émotionnelle liée à l'air miss.

En résumé, pour définir la tâche du contrôle aérien, il est possible de dire qu'il s'agit d'une tâche "permanente" de vérification (ex : bonne identification de l'avion sur l'écran radar par l'ordinateur) et d'inspection (les avions suivent-ils bien leur route ? La vitesse est-elle bonne ? Ont-ils bien compris les directives ? Etc...) c'est également une tâche "non permanente" de surveillance (ex : l'avion change-t-il convenablement de cap ? Prend-il assez vite son niveau ?) et de guet (avion non signalé, n'a pas de plan de vol en mémoire dans l'ordinateur, a disparu etc...) ; la vérification et la surveillance portent sur des sources

d'informations stables, alors que inspection et guet portent sur des sources instables (inattendues).

123 - L 'organisation du travail du contrôleur

1231 - L'équipe

Les contrôleurs sont regroupés en huit équipes dans chacun des trois centres.

Les équipes sont soumises à un rythme d'alternance entre quatre postes :

- vacation "J1", de 7 h 00 à 17 h 30
- vacation " S ", de 10 h 00 à 21 h 30
- vacation "J2", de 8 h 00 à 20 h 00
- vacation " N ", de 19 h 00 à 7 h 00

Leur emploi du temps se déroule sur huit jours Cf tableau 1 :

Jours	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Horaire J1	1	2	3	4	5	6	7	8
Horaire S	8	1	2	3	4	5	6	7
Horaire J2	6	7	8	1	2	3	4	5
Horaire N	5	6	7	8	1	2	3	4

Tableau 1 : Sur ce tableau, les équipes sont numérotées en chiffres arabes, de 1 à 8 ;

On remarque que les contrôleurs effectuent quatre vacations sur huit jours, par exemple, pour ceux de l'équipe n° 1, l'emploi du temps de huit jours est : jour n° 1 = J1, jour n° II = S, jour n° III = repos, jour n° IV = J2, jour n° V = N, jours n° VI, VII & VIII= repos.

La disposition des horaires crée dans la journée un recouvrement harmonieux du travail des équipes permettant des moments de détente ("break"), cependant, il existe un moment critique, le matin à 7 heures.

L'équipe est la véritable unité du contrôle. Son effectif est

proportionnel à l'importance du centre de contrôle : en moyenne 34 contrôleurs, dont 20 Premiers Contrôleurs (P.C.) pour Orly, 26 contrôleurs dont 13 P.C. à Aix et 14 contrôleurs dont 7 P.C. à Mérignac.

Le travail est réparti par le chef d'équipe qui distribue les tâches. Il n'y a pas de préférence pour une position ou l'autre, chacun devant pouvoir prendre n'importe laquelle. Néanmoins, à Orly, les équipes sont divisées en deux, entre l'est et l'ouest (en référence à la distribution des positions dans l'espace aérien).

Au sein de l'équipe règne une très grande cohésion : par exemple, toute l'équipe quitte la salle en même temps, déjeune à la même table, en même temps.

1232 - Le poste de travail

LA SALLE DE CONTROLE

La salle est le coeur du centre de contrôle. Tout l'espace contrôlé y est découpé en secteurs (ou positions). Malgré ce découpage, chaque position est susceptible de contrôler une plus grande partie de l'espace aérien que celle qui lui est attribuée d'emblée : en cas de faible trafic, les contrôleurs opèrent des regroupements de secteurs.

Certaines positions sont occupées par des militaires : elles sont destinées à coordonner le trafic militaire avec le trafic civil. D'autres sont plus particulièrement réservées au contrôle des vols d'essais.

LES POSITIONS

Les postes de travail sont répartis sur des rangées de consoles concaves d'environ 2,50 m de haut. Ces consoles sont munies d'un pupitre qui sert de plan de travail. Les contrôleurs travaillent assis, ils disposent de fauteuils à accoudoirs, munis de roulettes, mais dépourvus d'appuie-tête. Au sol se trouve la pédale qui permet de parler en émission hertzienne. Sur la tranche du pupitre sont disposées les prises destinées au casque et au combiné téléphonique ; le volume sonore du casque peut être ajusté par l'auditeur, grâce à un potentiomètre disposé à côté de ces prises. Sur le pupitre, le clavier du téléphone se présente sous la forme d'un clavier à touches lumineuses, chaque touche correspondant à un interlocuteur précis indiqué sur la touche. Il y a 45 touches par clavier (toutes ne sont pas en fonction). Partant du pupitre horizontal, pour rejoindre la partie verticale médiane de la console, un plan concave porte des rails verticaux sur lesquels viennent se fixer les porte-strips. Le porte-strip est une réglette de matière plastique rigide sur laquelle, grâce à des rainures, le strip vient se fixer. Le strip correspond au résumé du plan de vol d'un avion. Ainsi le contrôleur a devant lui la situation de tous les avions qu'il contrôle, grâce aux strips disposés horizontalement les uns au dessus des autres. Dans le même plan, à peu près, se trouve (Orly) le Digitatron : écran type télévision devant lequel sont disposés des répères ponctuels sur une plaque transparente ; la "conversation" avec l'ordinateur s'opère par effleurement du doigt du point auquel correspond la rubrique intéressée. A ce

niveau, également, est placé l'orifice de sortie des strips fournis par l'imprimante logée dans la console. Plus haut, à hauteur des yeux, se trouve le scope radar. C'est un écran orangé, de 50 cm de diamètre environ ; tous les réglages le concernant sont situés sur le côté droit de celui-ci. Plus haut sur la console se trouvent les commutateurs des fréquences radio. Au dessus se trouve une carte aérienne de la position, et un écran télévision où sont reçues diverses informations, météorologiques en particulier.

Dans les salles d'Aix et de Mérignac se trouvent au milieu de la salle des positions dites positions de retrait : elles reçoivent les strips ; leur but est de soulager les autres positions du travail de classement. Elles n'ont pas de scope radar.

Au centre de la salle se trouve le "bureau" du chef de salle. S'y trouvent rassemblés les systèmes de contrôles de la salle (dispatching de fréquences, dispositifs de sécurité etc...).

II - SURVEILLANCE DE L'ETAT D'EVEIL

20 - INTRODUCTION

Un cetain nombre de conditions dans le travail de contrôle sont susceptibles de favoriser des dégradations de l'état d'éveil : travail en équipes alternantes, longueur des vacations, une certaine monotonie de la tâche qui est effectuée assis, dans une ambiance lumineuse de faible niveau.

Toute dégradation de l'état d'éveil peut compromettre la tâche de surveillance, or toute omission ou retard peut entraîner des conséquences très graves sur la sécurité des vols.

Il était donc nécessaire de surveiller l'état d'éveil des personnels. Pour effectuer cette surveillance, deux types de techniques peuvent être utiliséessur le terrain : des techniques comportementales et des techniques électrophysiologiques.

Les techniques comportementales consistent à envoyer des signaux blancs ou des fausses alertes et d'enregistrer le temps de réponse des opérateurs. Mais cette technique a le gros inconvénient de perturber la tâche de l'opérateur et d'augmenter sa charge de travail.

Quant aux techniques électrophysiologiques, la plus fréquemment utilisée est l'Electro-Encéphalogramme (E.E.G.), mais elle est bien loin de donner satisfaction. Tout d'abord, elle est très contraignante pour les sujets en observation, le recueil en continu de l'E.E.G. impose la fixation d'électrodes au collodion qui sont souvent mal acceptées ; ensuite, les tracés effectués les yeux ouverts sont encore très mal connus, on sait par exemple que l'apparition de rythmes théta peut correspondre aussi bien à une baisse du niveau d'éveil, qu'à un état d'intense attention visuelle. Si on effectue des enregistrements d'une façon standard, pendant une période de

...

cinq minutes, les yeux fermés, la classification et la signification fonctionnelle des grapho-éléments qu'on recueille pendant les périodes de transition entre la veille et le sommeil sont encore l'objet de discussions entre les différents auteurs. Par ailleurs, l'E.E.G. ainsi recueilli pendant de courtes périodes n'a pas de signification pronostique. Par exemple, la présence d'un rythme alpha continu sur un tracé, ne permet pas de dire si le sujet ne somnolera pas dans les cinq minutes qui suivent. Dans un autre ordre d'idées, la présence de ce rythme alpha ne permet pas non plus de faire des inférences sur la capacité du sujet à effectuer correctement sa tâche de surveillance.

On a recherché à renforcer la valeur de l'E.E.G. en le complétant par l'enregistrement d'autres paramètres physiologiques : fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, électro-dermogramme ; mais d'une façon générale, leur utilisation n'a pas amélioré de façon sensible la valeur de l'E.E.G. comme reflet précis du niveau d'éveil.

C'est pourquoi, dans notre travail, nous avons tenté d'utiliser, pour apprécier l'état d'éveil, un indice récemment proposé : l'étude des mouvements oculaires par saccades (ANGIBOUST 1972-1973-1974).

21 - LES MOUVEMENTS DE DEPLACEMENT DE L'AXE OPTIQUE

Les mouvements de déplacement de l'axe optique sont de deux types, les micromouvements liés à la fixation de cibles immobiles, dont la signification fonctionnelle est l'entretien de l'excitabilité rétinienne, et les grands mouvements utilisés lors de l'exploration oculaire.

LES MODALITES DE L'EXPLORATION OCULAIRE

Dans l'exploration oculaire, les déplacements de l'axe optique se font selon trois modalités :

211 - La mise au point optique : les mouvements d'accommodation-convergence

Outre l'accommodation réalisée par la musculature intrinsèque de l'oeil, afin d'obtenir une image nette sur la rétine en fonction de la distance à laquelle se trouve l'objet observé, des mouvements de convergence des deux yeux permettent la vision d'objets rapprochés. Il s'agit d'obtenir la fusion des deux images obtenues respectivement par les deux rétines. Pour cela, les yeux doivent compenser leur écartement en agissant sur la convergence de leurs axes optiques, suivant la proximité de l'objet observé.

Les centres nerveux qui commandent ces mouvements sont indépendants des autres centres oculomoteurs.

...

212 - La poursuite ou l'acquisition d'une cible en mouvement

Pour poursuivre une cible mobile dans l'espace, ou accrocher un repère fixe alors que la tête ou le corps tout entier est en mouvement, le regard adopte un mode de déplacement particulier, par mouvements continus, appelés mouvements lisses. Ce sont des mouvements lents, de grande amplitude.

L'oeil devant percevoir une information suffisante pour poursuivre une cible, ainsi que pour la fixer, de temps en temps, le regard effectue des corrections de trajectoire par des sauts brusques de l'axe optique (les saccades).

Quant aux mouvements lisses observés lors de la prise d'un point de repère fixe pendant les déplacements de la tête, ils ne dépendent pas des seuls stimuli visuels, mais aussi de toutes les informations concernant l'équilibre et la posture.

213 - L'exploration d'une présentation plane statique'

L'exploration d'une présentation plane statique se fait suivant une modalité très caractéristique. L'oeil fait une série successive de bonds, les saccades, séparés par des pauses oculaires. L'exemple de la lecture est très caractéristique : l'oeil ne suit pas la ligne, mais se déplace par bonds successifs avec des saccades de 2 à 5 degrés d'angle. Les retours à la ligne ont une amplitude de 12 à 20° et durent 40 à 45 ms. Les pauses oculaires, de 150 à 400 ms occupent plus de 90 % du temps de lecture. Egalement dans l'exploration d'une photographie, l'oeil va grouper les fixations au niveau des éléments caractéristiques de la photographie. (YARBUS 1956).

2131 - Caractéristiques des pauses

La pause est un arrêt plus ou moins long du cheminement du regard entre deux saccades. La durée de la pause est variable entre 50 et 500 ms (YARBUS 1967). Elle dépend de nombreux facteurs : nature du matériel à interpréter, âge du sujet, du rythme propre du sujet, ou tempo. On pense généralement que la pause est en relation avec la prise d'informations, mais en réalité, les expériences de présentation tachistoscopique ont montré que les délais nécessaires à la prise d'information sont très inférieurs à la durée de la pause.

La pause oculaire peut être allongée volontairement par le sujet, lorsque l'information à recueillir est complexe, ou d'une façon artificielle lorsqu'il laisse son regard posé sur une cible, sans prendre d'information (hésitation, réflexion).

2132 - Caractéristiques des saccades

La saccade est un tout. Quand une saccade est commencée, aucune correction de trajectoire n'est possible. A ce moment, l'image rétinienne est brouillée, et il semble improbable que l'oeil puisse recevoir à ce moment des informations pour corriger son mouvement (YARBUS 1967). La correction est faite a posteriori, par une ou plusieurs petites saccades, analogues à celles rencontrées au cours de la fixation.

Chaque saccade est définie par son amplitude, sa durée et sa vitesse.

L'AMPLITUDE

Dans des conditions physiologiques normales, l'amplitude des saccades spontannées ne dépasse pas 20 degrés, et les plus petites sont de l'ordre de 2 à 5 minutes d'angle. Très souvent, à partir d'une rotation des yeux de 15 degrés, le déplacement s'effectue en plusieurs saccades successives, et la tête peut accompagner le mouvement du regard.

LA DUREE

La durée dépend de l'amplitude de la saccade : 10 à 20 ms pour une amplitude de quelques degrés, et jusqu'à plus de 70 ms pour 20 degrés. Elle ne dépend que pour une faible part de sa direction.

VITESSE ET VITESSE MAXIMALE

Les saccades peuvent être déclenchées volontairement, mais en aucun cas, la volonté ne peut avoir d'influence sur leur vitesse. Les mouvements effectués de la périphérie vers le centre sont plus rapides qu'en sens inverse.

La vitesse de la saccade est fonction de l'amplitude de la saccade. Elle peut atteindre un maximum de 450 degrés/seconde, pour une amplitude de 20 degrés. L'analyse de la vitesse instantanée des petites saccades montre qu'elle croît rapidement, atteint un maximum, et décroît ensuite symétriquement. Si le regard dépasse la cible, la vitesse change de signe, le réajustement est alors immédiat (Overshoot). Ces overshoots seraient moins nombreux pour l'oeil directeur.

Pour des déplacements du regard ne dépassant pas 15 à 20 degrés (exception faite des saccades obliques), la fonction qui lie la vitesse et l'angle de rotation pour une saccade, est apparentée aux fonctions circulaires. YARBUS (1967) propose la relation suivante :

$$\alpha = \frac{\alpha_o}{2}\left(1 - \cos\frac{\pi}{T}t\right)$$

...

α = angle de rotation pendant la saccade, en degrés ($0 < \alpha < \alpha_o$),

t = temps en secondes ($0 < t < T$),

T = durée de la saccade en secondes,

α_o = amplitude de la saccade en degrés.

Ou en notation différentielle : $\omega = \frac{d\alpha}{dt} = \frac{\alpha_o t}{2T} \sin \frac{\pi}{T} t$, où ω est la vitesse angulaire.

Il ressort de cette équation que la vitesse de la saccade augmente progressivement, jusqu'à un maximum, et, sans palier, redescend aussi progressivement à zéro. Pour des saccades d'amplitude supérieure à 20 degrés, l'accélération ne représente plus la moitié de la durée de la saccade, la décélération commençant plus tôt dure plus longtemps.

Dans diverses circonstances, la vitesse des saccades a été étudiée. ATKIN (1962) a montré que ni les stimulants amphétaminiques, ni un entraînement physique sur un "labyrinthe" visuel, ne permet d'augmenter la vitesse des saccades. Seule la pause entre deux saccades peut être réduite. D'emblée, le système de positionnement fournit la meilleure performance.

La vitesse maximale de la saccade est un paramètre intéressant, car indépendant de la volonté ; sa mesure est facile grâce aux amplificateurs opérationnels qui donnent la dérivée du déplacement oculaire. Elle se présentera à l'enregistrement par un pic, aisé à mesurer avec un minimum d'erreur.

22 - POSITIONNEMENT OCULAIRE ET ETAT D'EVEIL

221 - Indices qualitatifs

Des détériorations du positionnement oculaire du regard apparaissent lors des dégradations du niveau d'éveil.

Sous l'action des dépresseurs du système nerveux central, un allongement considérable de la durée des saccades a été montré par ASCHOFF (1970), utilisant du VALIUM° I.V., et par ATKIN (in ASCHOFF 1970).

De son côté, ANGIBOUST (1974) a observé que sous l'action, soit de la Méthaqualone potentialisée par le chlorhydrate de diphénhydramine, soit de l'alcool éthylique, le positionnement du regard par saccades, spécifiquement lié aux états d'attention, devient impossible et est remplacé par un positionnement par mouvements lisses. Cet auteur a également observé des déplacements dits "en escaliers" qui apparaissent avant les mouvements lisses ; ils correspondraient à un positionnement par plusieurs petites saccades successives, quand normalement le mouvement s'effectuerait en une seule saccade.

Les mêmes anomalies du positionnement oculaire par saccades ont

...

été observées après privation ou perturbation du sommeil naturel.

Par ailleurs, GAARDNER (1966) a montré qu'au cours d'états d'inattention, les saccades deviennent très rares et sont remplacées par des oscillations lentes et irrégulières.

Le mécanisme de ces perturbations n'est pas encore connu d'une façon certaine. En s'appuyant sur les travaux de BIZZI (1968), qui ont montré l'existence dans la zone prérolandique de deux systèmes neuroniques distincts correspondant l'un au positionnement par mouvements lisses, et l'autre au positionnement par saccades, ANGIBOUST (1972) fait l'hypothèse qu'un certain niveau d'excitabilité corticale est nécessaire pour que le positionnement par saccades puisse s'extérioriser. Dans les dégradations de l'état d'éveil, seul le positionnement par mouvements lisses resterait possible.

En pathologie, des dissociations entre les deux types de positionnement sont retrouvées : une disparition du positionnement par saccades, avec conservation du positionnement par mouvements lisses a été observé par STARR (1967) dans des cas de chorée de HUTINGTON.

Ainsi l'observation de l'évolution des mouvements saccadiques, dont l'existence est liée aux états d'attention, semble un indice intéressant pour surveiller l'état d'éveil.

222 - Indices quantitatifs : durée des pauses oculaires et vitesse maximale des saccades

Si la disparition du positionnement par saccades, et son remplacement par un positionnement par mouvements lisses témoigne d'une altération certaine du niveau d'éveil, il est nécessaire de dégager des indices suffisament sensibles pour laisser prévoir cette altération, voire pour indiquer le tout début de cette chute.

La durée des pauses oculaires, période de prise d'informations, semble d'emblée toute indiquée. Cependant sa signification demeure complexe, de grandes variations inter-individuelles contrastant avec de faibles variations intra-individuelles, quelle que soit la situation expérimentale (ANGIBOUST 1974). Par ailleurs, elle peut être modifiée par la volonté, ce qui restreint son intérêt dans cette étude.

La vitesse maximale des saccades, par contre, est un indice objectif, car indépendant totalement de la volonté. Sa diminution peut être considérée comme un signe de ralentissement de la recherche d'informations. La Méthaqualone induit une chute de la vitesse maximale des saccades, néanmoins, il n'est pas possible de dire, si cette chute est la conséquence d'une action neurologique centrale, ou neuro-musculaire, les muscles de la motricité oculaire subissant aussi l'hypotonie générale alors rencontrée (ANGIBOUST 1974).

...

223 - Standardisation d'une épreuve oculaire

Il a été nécessaire de standardiser une épreuve simple de positionnement oculaire pour obtenir des déplacements du regard par saccades et pour enregistrer ces mouvements ; il a fallu choisir une technique fiable et utilisable sur le terrain.

L'épreuve consiste à faire fixer alternativement deux cibles ponctuelles de telle façon que le regard balaye un angle de 10 degrés pour passer de l'une à l'autre. Le sujet examiné regarde alternativement les cibles au rythme qui lui est propre.

Le choix de la méthode d'enregistrement a conduit à éliminer les méthodes d'observation par film ou télévision en circuit fermé, car pas assez précises ; et les méthodes optiques, car elles nécessitent une fixation extrêmement sévère de la tête, et l'absence de tout parasitage vibratoire. Les méthodes électrophysiologiques se sont donc imposées. Elles ont l'avantage de laisser le sujet libre de ses mouvements, et d'être d'une grande facilité de mise en oeuvre ; elles ne sont pas gênées par les mouvements des paupières et se prêtent à des expériences de longue durée. Mais elles sont sujettes aux parasitages d'origine biologique ou électronique ; elles nécessitent l'utilisation de systèmes d'amplification stables ; elles ne donnent que des indications de direction du regard par rapport au plan de l'orbite.

224 - L'électro-oculographie

Le principe de l'électro-oculographie est l'amplification des potentiels périorbitaires provoqués par le déplacement de l'oeil dont la polarité de la rétine est toujours négative par rapport à celle de la cornée.

En première approximation, il est admis que la variation despotentiels périorbitaires est proportionnelle à l'angle de rotation de l'oeil.

La précision de cette méthode est nettement inférieure à celle des méthodes optiques. Avec une erreur de résolution d'un demi degré environ, elle présente l'avantage de permettre l'enregistrement des mouvements de grande amplitude : $\pm$ 45 degrés. Mais pour les grandes amplitudes, supérieures à 20 degrés, des phénomènes de distorsion se manifestent (FORD 1959).

D'autre part, un certain nombre de facteurs sont susceptibles de provoquer des erreurs :

- par modification des potentiels, de cause inter-individuelles : résistance électrique cutanée, configuration de l'orbite, âge ; ou intra-individuelles : température , niveau de luminance, nycthémère ; ces variations de potentiels peuvent atteindre 30 à 50 % ;

- par des artéfacts pouvant simuler des mouvements lisses :

  - artéfacts électriques : dérive liée au système d'amplification, dérive liée à la polarisation des électrodes ;

...

- artéfacts provenant du sujet : brusques variations de la résistance électrique cutanée (réflexe psycho-galvanique).

225 - Les indices oculographiques

2251 - La morphologie générale du positionnement -indices qualitatifs

Le tracé oculographique objective les différents modes de positionnement du regard.

Dans le cas de l'épreuve standardisée qui a été décrite, le positionnement par saccades se présente sous la forme d'un créneau (Cf. figure 1), dont les branches montantes et descendantes, grossièrement parallèles aux ordonnées, correspondent aux saccades, et les parties parallèles à l'obcisse des temps, aux pauses.

Le positionnement par mouvements lisses apparaît en formant un tracé ondulé, dont les sommets correspondent au positionnement du regard dans la direction d'une des cibles.

Un positionnement dit "en escalier" est souvent rencontré avant l'apparition du positionnement par mouvements lisses quand le niveau d'éveil chute (ANGIBOUST 1972). Ses relations avec les deux autres types de positionnement ne sont pas encore clairement établis ; il pourrait s'agir d'un positionnement par saccades successives de faible amplitude.

2252 - Indices quantitatifs du positionnement par saccades

Pour l'épreuve utilisée, deux indices quantitatifs sont considérés :

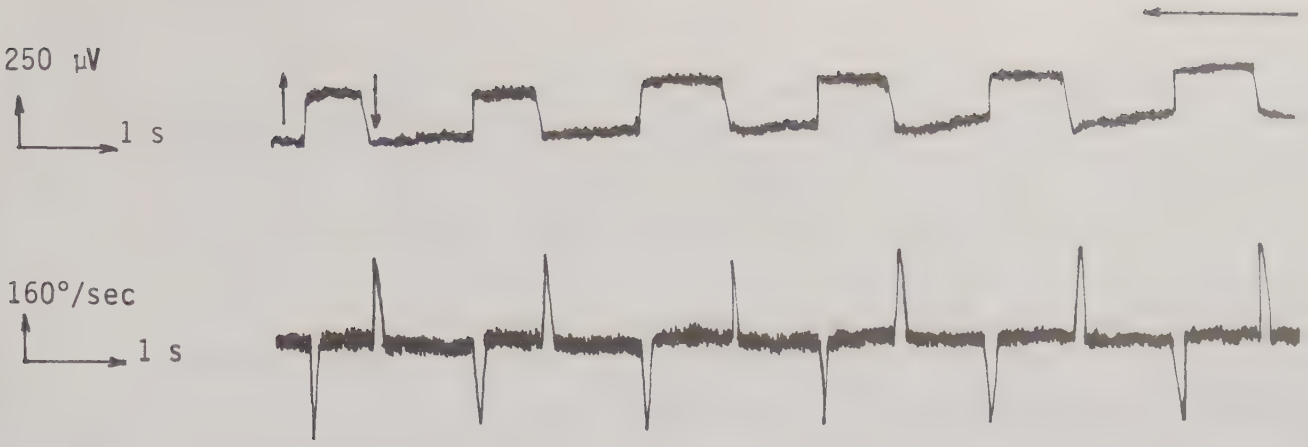
- la durée des pauses oculaires : facilement connue, la vitesse de défilement de l'enregistrement étant de 25 mm/sec, en mesurant la longueur entre deux saccades ;

- la vitesse maximale des saccades correspond à l'amplitude maximale de l'enregistrement de la dérivée de l'oculogramme ; la longueur des pics est convertie en degrés par seconde, après étalonnage de la chaîne d'enregistrement, à l'aide d'un générateur de signaux triangulaires.

226 - Intérêt de l'utilisation de l'épreuve oculographique

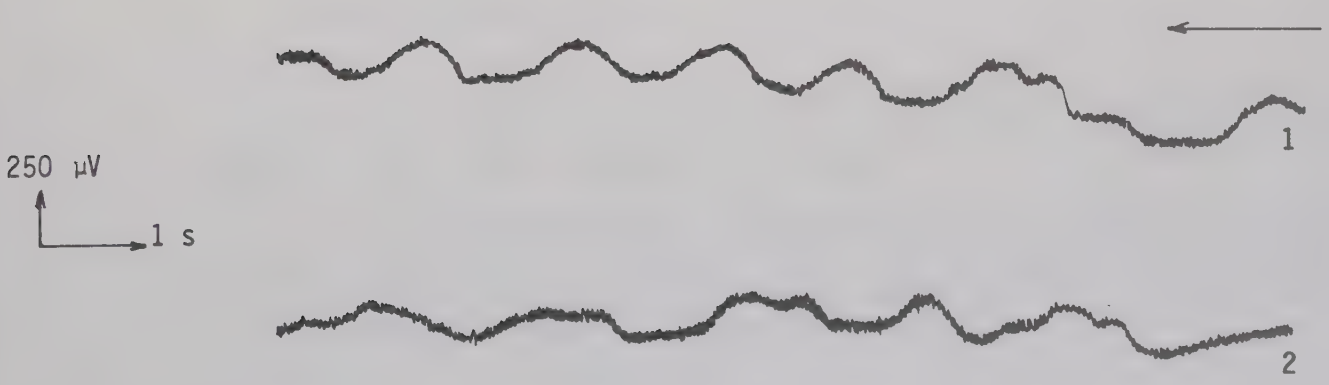
L'épreuve oculographique choisie ici présente un intérêt certain pour toute utilisation des perturbations des mouvements de positionnement par saccades, comme témoins d'une dégradation de l'état d'éveil. C'est ce

...



Tracé normal ; ligne supérieure : déplacement de la composante horizontale du mouvement (saccades typiques) ; ligne inférieure : dérivée du déplacement.

Tracé en escaliers.



Positionnement par mouvements lisses.

(d'après ANGIBOUST)

Figure 1

qui en a motivé le choix. Mais, en l'état actuel des connaissances en ce domaine, seules des dégradations morphologiques indiquent avec certitude une altération de l'état d'éveil. La mesure de la durée des pauses oculaires et celle de la vitesse maximale des saccades, par contre, ne permettent pas encore avec certitude absolue de vérifier et de prédire une baisse de l'état d'éveil.

L'utilisation de cette épreuve, en relation avec l'état d'éveil devrait rendre d'appréciables services :

- en Ergonomie, pour analyser le retentissement du travail de nuit ;

- en Médecine légale, pour juger du ralentissement de la prise d'informations visuelles, pour des alcoolémies limites ;

- en Anesthésiologie, pour suivre le réveil de malades anesthésiés : le réveil total peut être objectivé sur l'oculogramme qui constitue alors un document médico-légal ; s'il s'agit d'une anesthésie de courte durée (réduction de luxation, par exemple) l'hospitalisation ne pourrait plus être nécessaire (LABORIT G., ANGIBOUST R. & PAPIN J.P. 1975) ;

- pour tester les drogues psychotropes, ou les effets secondaires de n'importe quelle molécule.

Les utilisations de cette épreuve sont multiples, elle a paru intéressante pour l'étude du niveau d'éveil des Officiers Contrôleurs de la Circulation Aérienne.

III - LE RECUEIL DES DONNEES

30 - INTRODUCTION

Le recueil des données s'est déroulé du mois d'Avril, au mois de Septembre 1974, successivement dans les trois centres de contrôle régional français : Orly, Aix en Provence & Mérignac.

Tous les contrôleurs examinés étaient volontaires, ils devaient, pour subir les tests, se présenter à la salle de contrôle une demie-heure avant le début de leur travail et rester après la fin de celui-ci, pour subir à nouveau les mêmes tests, sans être sortis de la salle.

31 - Les sujets examinés

Tous les sujets examinés, étant Officiers Contrôleurs de la Circulation Aérienne, satisfont à des normes médicales particulières, dont les principales concernent la vue : absence d'affection chronique de l'oeil,

intégrité du champ visuel en ambiance photopique et mésopique, en vision de loin ésophorie ou exophorie inférieure à 6 dioptries, en vision de près ésophorie non supérieure à 1 dioptrie et exophorie à 3 dioptries, en vision de loin hyperphorie non supérieure à 1 dioptrie, aucune incyclophorie, ni excyclophorie, punctum proximum de convergence non supérieur à 10 cm, pas d'anomalie de la vision stéréoscopique, pas d'anomalie de la vision des couleurs, acuité visuelle normale, éventuellement corrigée , mais pas de déséquilibre de plus de 2 dioptries entre chaque verre correcteur, la myopie non évolutive, l'astigmatisme non supérieur à 2 dioptries.

Les sujets considérés sont tous au même niveau de qualification, ce sont des Premiers Contrôleurs, de sexe masculin. Les femmes ont été exclues de l'échantillon étant donné leur effectif trop faible.

32 - LA TECHNIQUE DE L'ELECTRO-OCULOGRAPHIE : L'APPAREILLAGE

321 - Les électrodes

Ce sont des électrodes cutanées BECKMAN de 11 mm de diamètre, impolarisables, du type de celles utilisées en électro-nystagmographie.

Après dégraissage soigneux de la peau à l'alcool et massage à la pâte conductrice, elles sont fixées à la peau grâce à des collerettes adhésives double face, à usage unique.

La pâte conductrice utilisée est la pâte fournie par le fabricant des électrodes (BECKMAN instruments, Inc.).

322 - Les amplificateurs

L'amplification est réalisée par un oculomètre à deux voies mis au point par les services techniques du Centre de Recherche de Médecine Aéronautique.

Il s'agit de deux ensembles ampli-préamplificateurs, à circuits intégrés et transistors à effet de champ dont l'alimentation autonome est assurée par quatre piles de 6,75 Volts. Cette conception, outre sa souplesse d'utilisation sur le terrain, a l'avantage de diminuer considérablement le parasitage des signaux par le courant 50 Hz du secteur.

L'oculomètre est constitué de deux boîtiers : un boîtier principal, contenant les deux amplificateurs et les piles, où sont rassemblés tous les réglages, et un boîtier plus petit, notablement plus léger, contenant les deux préamplificateurs. C'est sur ce dernier, porté par le sujet examiné, que sont connectées les électrodes. Un câble relie les deux boîtiers entre eux.

Les deux voies de l'oculomètre sont strictement indépendantes, l'appareil étant conçu pour pouvoir amplifier simultanément les mouvements

...

horizontaux et verticaux du regard.

Principe de l'oculomètre

Afin d'éliminer les artéfacts dûs aux tensions de polarisation d'électrode et aux variations de la résistance cutanée, les amplificateurs sont à liaison capacitive à grande constante de temps. L'erreur commise de ce fait sur les mouvements lisses est négligeable, étant donné la fréquente récurrence des saccades.

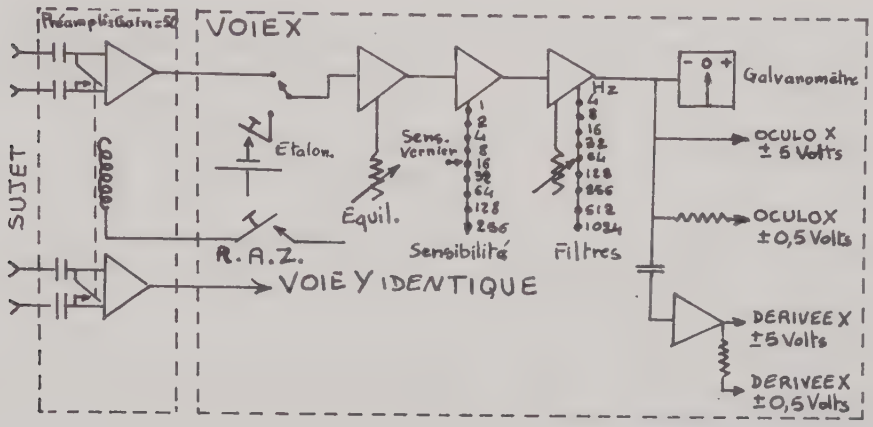


Figure 2 : Schéma synoptique de l'Oculomètre (une seule des deux voies est représentée).

Caractéristiques techniques de l'Oculomètre : Cf. figure 2.

Préamplificateurs :

A l'entrée, la liaison avec les électrodes est de type capacitif. L'impédance d'entrée différentielle est de 10 MΩ ; la constante de temps est de 25 secondes. La stabilisation est faite par un relais électro-magnétique qui court-circuite les entrées. Ce relais, incorporé au boîtier préamplificateur est télécommandé depuis le boîtier amplificateur. La remise à zéro est instantannée.

Amplificateurs :

Le réglage du gain se fait par contacteur digital, la dynamique progressant du double à chaque bond : 1-2-4-8-16-32... etc. Le recoupement des échelles de gain est assuré par un vernier. Un autre contacteur digital permet de régler le filtrage pour limiter la bande passante à : 4-8-16-32-64-128-256-512-1024 & 2048 Hz.

Les sorties présentent deux niveaux :

- haut niveau (± 5 Volts), destiné à un enregistreur magnétique, ou à un oscillographe,

- bas niveau (± 0,5 Volts), destiné à un enregistreur à galvanomètre.

Le gain maximal de chacune des deux voies est de 128 000.

L'étalonnage par top manuel est de 200 µV ramenés à l'entrée.

323 - L'enregistreur

L'enregistrement est réalisé par un enregistreur à 12 canaux : U.V. RECORDER 3006 S.E. Laboratories. Les galvanomètres utilisés sont du type standard miniature (A 1000).

L'oculogramme est enregistré sur papier sensible aux Ultra-Violets, à la vitesse de 25 mm/sec.

Seuls deux canaux sont utilisés : l'un pour le signal direct du positionnement oculaire, l'autre pour sa dérivée.

33 - L'EPREUVE OCULOGRAPHIQUE, SES CONDITIONS DE PASSAGE

Il s'agit de l'application de l'Electro-Oculographie à une épreuve de positionnement oculaire.

La tâche standard consiste à poser alternativement le regard sur deux cibles ponctuelles, disposées horizontalement, à hauteur du regard, de part et d'autre du plan sagittal médian du sujet examiné. Les deux cibles ponctuelles sont blanches, posées sur un panneau noir non réfléchissant, vertical, parallèle à la face de l'observateur, distant de 50 cm de la racine du du nez. Ce panneau est éclairé par une lampe du type lampe de bureau (réflecteur de 20 cm de diamètre, en tôle peinte blanche, et ampoule de 40 Watts), placée à 1,50 m.

Dans cette disposition, le regard doit balayer un angle de 10 degrés environ dans le plan horizontal, pour passer d'une cible à l'autre, l'épreuve consistant à faire exécuter trois séries successives de dix allers et retours par le sujet à son rythme propre.

Une électrode cutanée est placée sur chaque tempe du sujet, au niveau du canthus externe, et la troisième sur le front, près de la racine du nez. Pendant toute la durée de l'épreuve, le sujet est assis, la tête prise dans un serre-tête qui l'immobilise, les yeux à la hauteur des deux cibles.

Avant que l'épreuve proprement dite ne commence, il est demandé au sujet de porter son regard sur la cible gauche, puis sur la cible droite, afin de régler le gain de l'amplificateur pour obtenir une déflection correspondant à un déplacement de 20 mm sur le tracé d'enregistrement.

Puis la consigne est donnée "Vous regardez alternativement les

...

deux points au rythme qui vous est propre".

L'épreuve commence ensuite, le sujet effectue les trois séquences de dix allers et retours, sans les compter ; les séquences sont séparées d'un moment de repos de 30 secondes.

Enfin, à la suite de l'oculogramme, est enregistré le top d'étalonnage de 200 µVolts.

Avant l'épreuve, il est demandé au sujet une brève appréciation de sa "fatigue" et de sa charge de travail.

34 - LE PLAN DE RECUEIL DES DONNEES, LES SOURCES DE VARIATION RETENUES

341 - Les électrodes

Les contrôleurs examinés sont tous des Premiers Contrôleurs. L'échantillonnage des âges n'est pas homogène. Ils se répartissent schématiquement en deux populations :

- des "vieux", âgés de 37 ans ou plus, dont la formation est généralement militaire ; certains d'entre eux sont d'anciens pilotes ;

- des "jeunes", de moins de 37 ans, généralement formés par l'E.N.A.C..

Ceci amène à considérer la variable âge", comme une variable à deux niveaux : "vieux" et "jeunes".

342 - Les centres de contrôle

Les sujets examinés appartiennent aux trois centres de contrôle régionaux d'Orly, Aix en Provence & Mérignac. Cela correspond, non seulement à trois lieux géographiques différents, mais aussi à trois physionomies du contrôle différentes, à trois salles où l'ambiance (éclairage, disposition des consoles, climatisation) et les rapports humains ne sont pas identiques et à la mauvaise répartition des âges, les mouvements du personnel s'effectuant, dans la majorité des cas, du nord vers le sud.

Cette variable sera étudiée comme une variable à trois niveaux, un pour chaque centre.

343 - La tâche

Pour chaque vacation de travail étudiée, un examen a été pratiqué quelques instants avant la prise du travail, dans la salle de contrôle

même, et immédiatement après la fin de la vacation de la journée.

Cette variable possède deux niveaux : début & fin.

344 - Les vacations

Les contrôleurs travaillent suivant quatre vacations différentes. Leurs horaires sont :

J1 7 h 00 à 17 h 30

S 10 h 00 à 21 h 30

J2 8 h 00 à 20 h 00 (vacation non étudiée)

N 19 h 00 à 7 h 00

La variable vacation est étudiée avec trois niveaux : J1 (noté J), S & N.

345 - L'ordre de passage du test en fonction des vacations

L'ordre dans lequel les examens ont été effectués, en fonction des vacations crée des groupes, dont l'étude systématique s'est révélée impossible en raison de la répartition des données exploitables.

346 - Les séquences du test

Le test se déroule en 3 séquences de 10 allers et retours. Chaque séquence doit être considérée comme un niveau de la variable "séquence". Cette variable, directement liée au test possède trois niveaux : 1ère, 2ème & 3ème séquence.

347 - Le sens des déplacements oculaires

Cette variable est également liée au test. Les déplacements du regard vers la droite et vers la gauche constituent une variable "sens" à deux niveaux : droite et gauche.

...

IV - LES RESULTATS

40 - INTRODUCTION

Les données sont fournies par les examens pratiqués sur 66 sujets : 33 du centre d'Orly, 23 de celui d'Aix en Provence et 10 de celui de Mérignac.

41 - ANALYSE QUALITATIVE DE LA MORPHOLOGIE DES OCULOGRAMMES

La répartition des données exploitables :

Sur 66 sujets examinés, 57 ont pu subir le test pour les trois vacations étudiées, 1 ne l'a subi que pour la vacation "J", 2 pour la vacation "S", 2 pour la vacation "N", 1 pour les vacations "J" & "S", 1 pour "J" & "N", et enfin, 2 pour "S" & "N" Cf. tableau 2.

Vacations	Orly	Aix	Mérignac	Total
J	1	0	0	1
S	2	0	0	2
N	2	0	0	2
J & S	1	0	0	1
J & N	0	1	0	1
S & N	2	0	0	2
J, S & N	25	22	10	57
Total	33	23	10	66

Tableau 2 : Répartition des sujets suivant les vacations et les centres.

Cette perte d'épreuves, non subies, est due aux aléas de la prise de données sur le terrain.

...

Analyse des oculogrammes :

Aucun signe clinique de somnolence n'a été constaté au cours du passage des épreuves. Mais la dégradation de l'état d'éveil peut dans certains cas ne pas s'extérioriser par une somnolence manifeste et se traduire seulement par une détérioration des mécanismes de positionnement oculaire.

Cependant, l'examen de la morphologie des 368 oculogrammes n'a pas montré d'images significatives de dégradation du positionnement oculaire par saccades. Il n'a pas été observé d'images en escalier, ni de positionnement par mouvements lisses.

En l'absence de dégradations morphologiques des tracés, il nous a paru intéressant de rechercher s'il existait des variations systématiques des paramètres quantitatifs qui puissent éventuellement être mises en relation avec certains aspects du travail.

42 - ETUDE DES INDICES QUANTITATIFS

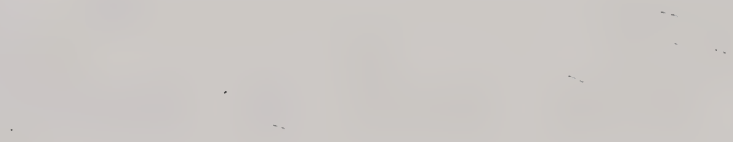
421 - La répartition des données exploitables

L'étude quantitative des données retenues, outre l'absence d'examens pour certains sujets, est gênée par les difficultés, voire l'impossibilité de mesurer certaines vitesses maximales du fait de la largeur parfois insuffisante de la piste de l'enregistreur utilisé. La répartition des données exploitables en fonction des centres et des vacations est donné par le tableau 3 :

Vacations	Orly	Aix	Mérignac	Total
J	3	1	0	4
S	3	0	0	3
N	5	0	0	5
J & S	3	4	3	10
J & N	1	3	1	5
S & N	4	0	1	5
J, S & N	10	15	5	30
Ininterprétable	4	0	0	4
Total	33	23	10	66

Tableau 3 : Répartition des sujets dans les différentes vacations et les trois centres.

...



Ce tableau nous montre l'impossibilité de faire porter l'étude sur tous les examens pratiqués. Il est nécessaire de déterminer des échantillons, en fonction des données utilisables.

Tout d'abord, il faut considérer le groupe des sujets ayant subi le test pour les trois vacations. En tenant compte de leur répartition par centre, de leur âge et de la combinaison caractérisée par l'ordre des vacations dans lequel ils ont été testés, on obtient le tableau suivant : tableau 4

LIEU :	ORLY		AIX		MERIGNAC		TOTAL
	JEUNES	VIEUX	JEUNES	VIEUX	JEUNES	VIEUX	
J-S-N	7	0	3	2	1	2	15
N-J-S	0	0	3	6	0	0	9
S-N-J	2	1	0	0	1	0	4
J-N-S	0	0	0	1	0	0	1
N-S-J	0	0	0	0	1	0	1
TOTAL	9	1	6	9	3	2	30
	10		15		5		

Tableau 4 : Répartition des sujets dont les données sont exploitables pour les trois vacations retenues, en fonction des combinaisons de passage du test, de leur catégorie d'âge, et de leur centre.

Ce tableau montre que les combinaisons de passage par rapport aux vacations, aux centres et aux âges, sont répartis de telle sorte qu'il est difficile de dire, si une différence est trouvée entre les différentes combinaisons, quelle est l'influence exacte de chaque facteur. D'emblée, il apparaît que les sujets d'Orly sont des jeunes ayant la combinaison "J-S-N", et les sujets d'Aix, des vieux ayant la combinaison "N-J-S". Il n'est donc pas possible d'analyser les résultats en tenant compte d'un coup de toutes les sources de variation.

C'est pour cette raison, que dans un premier temps, l'analyse porte sur l'âge et sur les centres, indépendamment de toute autre source de variation. Pour cela, il est possible de prendre un échantillon regroupant tous les examens exploitables sur la vacation "J". Ainsi, on obtient un groupe de 49 sujets (Cf. tableau 4).

...

Dans un second temps, l'étude se porte sur les autres sources de variations, en prenant le groupe de 15 sujets, ayant la combinaison d'examens exploitables "J-S-N" qui appartiennent aux trois centres (Cf. tableau 3), et le groupe de 9 sujets appartenant au centre d'Aix, et ayant la combinaison "N-J-S". Eventuellement les résultats de ces deux groupes seront comparés.

Les autres groupes sont pratiquement inexploitables en raison de leurs faibles effectifs.

422 - Les moyens du traitement des données

Il a fallu recourir à plusieurs tests statistiques étant donné le nombre relativement grand des sources de variations.

Outre le test de x^2, est utilisée l'analyse de variance à quatre sources de variations. Il s'agit de l'analyse de variance, du type décrit par WINER (in "Statistical principles in experimental design") et par DE FAYOLLE (cours de statistiques au Centre de Recherche du Service de Santé des Armées LYON). Elle a l'avantage de séparer les variations inter-individuelles des sujets, des variations dues aux autres sources.

423 - Résultats en fonction de l'âge des sujets et des centres

4231 - La répartition des âges en fonction des centres

A première vue, la répartition des âges en fonction des centres n'est pas harmonieuse.

Pour cette première étude, est utilisé l'échantillon des 49 sujets dont les examens sur la vacation "J" sont exploitables. La répartition suivante est obtenue sur le tableau 5

	jeunes	vieux	total
Orly	14	3	17
Aix	10	13	23
Mérignac	5	4	9
Total	29	20	49

Tableau 5 : distribution des catégories d'âges dans les trois centres, au sein du groupe des sujets dont les examens en vacation J sont exploitables.

...

Le test de χ^2 est significatif (χ^2 = 6,18 la significativité pour un seuil de probabilité de 5 % est de 5,99).

Ceci met en évidence, pour la population considérée, une mauvaise répartition des âges en fonction des centres. Tout porte à penser que c'est le manque relatif de sujets "vieux" examinés au centre d'Orly qui déséquilibre le plan de traitement des données.

4232 - Influence de l'âge

L'échantillon étudié est celui de 49 sujets examinés sur la vacation "J".

Moyenne de la durée des pauses oculaires :

jeunes = 529 ms

vieux = 495 ms

Une analyse de variance à une source de variation de deux niveaux : jeunes et vieux, ne montre pas de différence significative entre ces deux moyennes : F = 0,23 pour un d.d.l. (degré de liberté) de 1/47, la significativité pour un seuil de probabilité de 5 % étant à F = 4,02.

De son côté, la moyenne des vitesses maximales donne :

jeunes = 328°/sec

vieux = 356°/sec

Une analyse de variance semblable à celle effectuée pour la durée des pauses ne montre pas non plus de différence significative : F = 1,81 pour le même seuil de probabilité que ci-dessus.

Ces résultats indiquent que l'âge ne peut être isolément considéré comme une source de variation dans la population étudiée.

4233 - Influence des centres

Toujours sur le même échantillon de 49 sujets, on a comparé les données recueillies sur les trois centres :

Pour la durée des pauses oculaires, les moyennes sont :

Orly = 559 ms

Aix = 427 ms

Mérignac = 657 ms

...

Une analyse de variance à une source de variation de trois niveaux (un par centre), montre que la différence est significative : F = 3,66, pour un d.d.l. de 2/46, la significativité pour un seuil de probabilité de 5 % étant à F = 3,20.

Quant aux moyennes des vitesses maximales des saccades :

Orly = 341°/sec

Aix = 352°/sec

Mérignac = 450°/sec

L'analyse de variance effectuée dans les mêmes conditions que la précédente pour les pauses oculaires ne montre pas de différence significative entre les moyennes obtenues sur chacun des trois centres : F = 1,85 pour le même seuil de probabilité que l'étude de la durée des pauses ci-dessus.

424 - Résultats en fonction des vacations, de la tâche, des séquences du test et du sens des saccades

Il est possible, maintenant, d'étudier l'influence des vacations, de la tâche, des séquences du test et du sens des saccades, ainsi que de leurs interactions sur les indices étudiés.

Seule l'étude de deux groupes paraît possible : le premier de 15 sujets appartenant aux trois centres, ayant passé le test suivant la combinaison de vacations "J-S-N" et un second groupe de 9 sujets appartenant exclusivement au centre d'Aix, avec la combinaison "N-J-S" (Cf. tableau 4).

Pour chacun des deux indices étudiés, et pour chaque groupe, est faite une analyse de variance à quatre sources de variations : la vacation (trois niveaux : "J", "S" & "N"), la tâche (deux niveaux : examen du "début" de la vacation & de la "fin"), la séquence du test (trois niveaux : 1ère, 2ème & 3ème séquences) et le sens des saccades (deux niveaux : à "droite" & à "gauche").

4241 - Analyse du paramètre durée des pauses oculaires

Les analyses de variance faites sur les deux groupes (Cf. tableaux 6 & 7) montrent les résultats suivants :

...

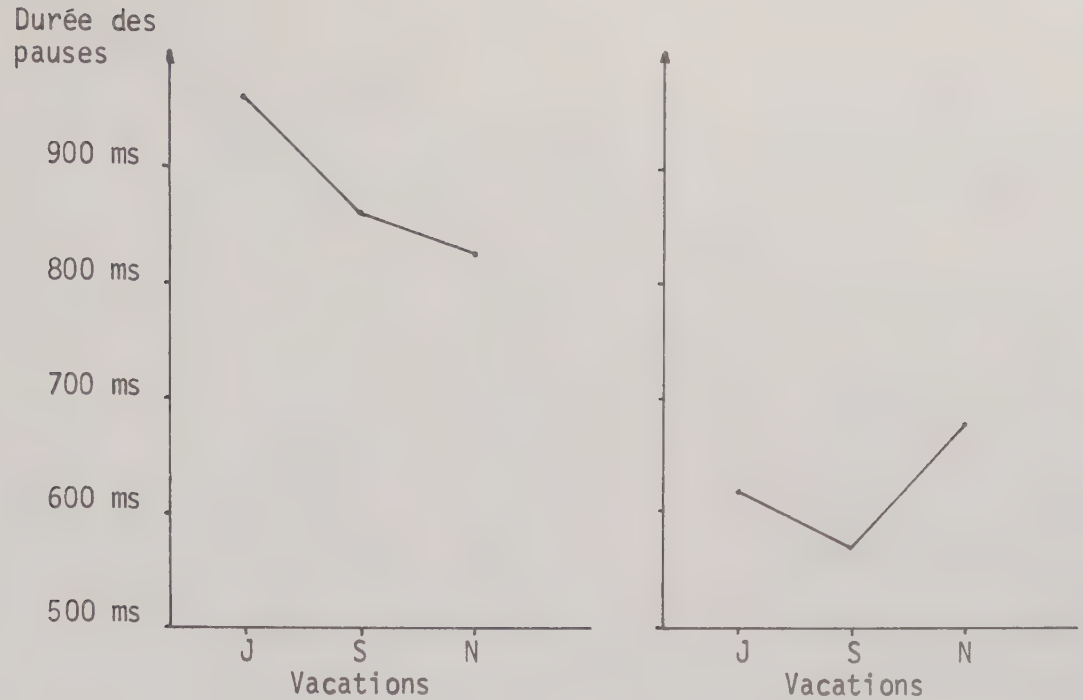
EFFETS PRINCIPAUX : moyennes

Groupe ayant la combinaison "J-S-N"	Groupe ayant la combinaison "N-J-S"
Effet "vacation". Cf. figure 3 significatif pour un seuil de probabilité de 5 %	Effet "vacation" significatif pour un seuil de probabilité de 1 %
J = 954 ms	J = 621 ms
S = 857 ms	S = 572 ms
N = 823 ms	N = 676 ms
Effet "tâche" significatif pour un seuil de probabilité de 5 %	Effet "tâche" non significatif
Début = 903 ms	Début = 624 ms
Fin = 853 ms	Fin = 622 ms
Effet "séquence" Cf. figure 4 significatif pour un seuil de probabilité de 1 %	Effet "séquence" significatif pour un seuil de probabilité de 1 %
1° Séquence = 903 ms	1° Séquence = 646 ms
2° Séquence = 877 ms	2° Séquence = 612 ms
3° Séquence = 854 ms	3° Séquence = 610 ms
Effet "sens" non significatif	Effet "sens" non significatif
Droite = 893 ms	Droite = 623 ms
Gauche = 863 ms	Gauche = 623 ms

INTERACTIONS ENTRE LES VARIABLES

Si un effet simple, dit effet principal, peut avoir une influence sur un indice, pour un seuil de confiance donné, il peut arriver que la combinaison de deux, voire plusieurs, effets principaux réunis ait, elle aussi, une influence sur l'indice étudié. Cependant, plus l'interaction comporte d'effets réunis, et plus son interprétation devient délicate.

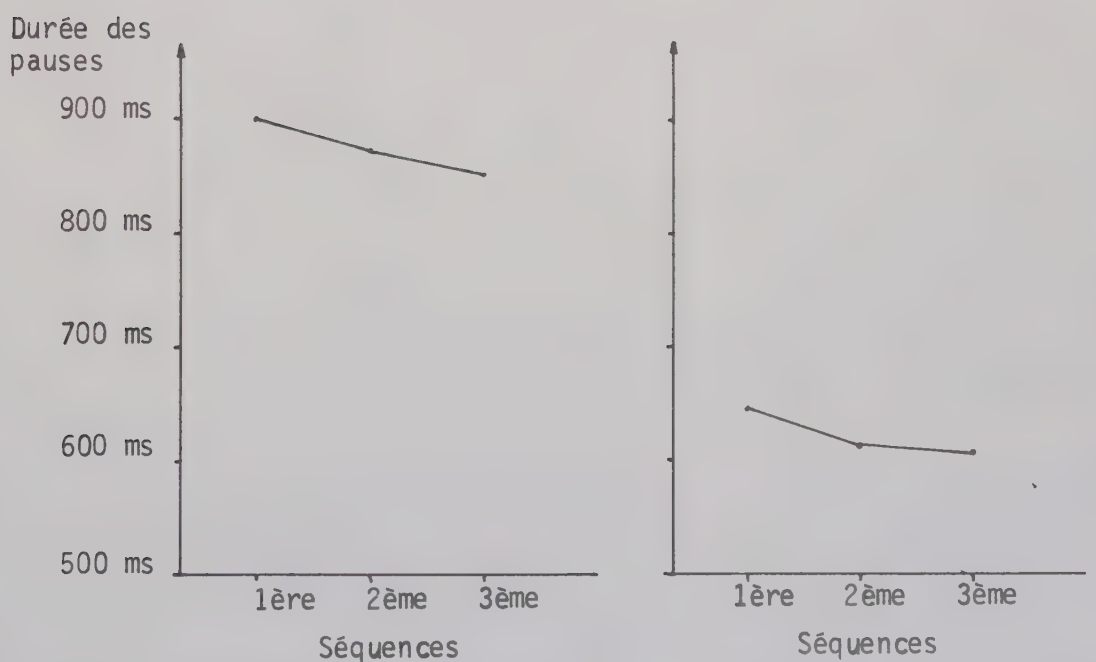
Ne sont présentées ci-dessous, que les interactions qui se sont montrées significatives pour l'un ou l'autre groupe (Cf. tableaux 8 & 9) :



Combinaison "J-S-N" : Effet significatif

Combinaison "N-J-S" : Effet significatif

Figure 3 : Effet vacation sur la durée des pauses oculaires



Combinaison "J-S-N" : Effet significatif

Combinaison "N-J-S" : Effet significatif

Figure 4 : Représentations graphiques des effets "vacation" et "séquence" sur la durée des pauses oculaires

Groupe "J-S-N"
Interaction "vacation/tâche"
Cf. figure 5
SIGNIFICATIVE pour un seuil de probabilité de 5 %

"J" Début = 1 021 ms
"J" Fin = 887 ms
"S" Début = 867 ms
"S" Fin = 846 ms
"N" Début = 821 ms
"N" Fin = 825 ms

Groupe "N-J-S"
Interaction "vacation/tâche"

non significative

"J" Début = 637 ms
"J" Fin = 605 ms
"S" Début = 567 ms
"S" Fin = 578 ms
"N" Début = 668 ms
"N" Fin = 684 ms

Interaction "vacation/séquence"
cf. figure 6
non significative

"J" 1° Séquence = 997 ms
"J" 2° Séquence = 934 ms
"J" 3° Séquence = 931 ms
"S" 1° Séquence = 866 ms
"S" 2° Séquence = 866 ms
"S" 3° Séquence = 827 ms
"N" 1° Séquence = 845 ms
"N" 2° Séquence = 819 ms
"N" 3° Séquence = 804 ms

Interaction "vacation/séquence"
SIGNIFICATIVE pour un seuil de probabilité de 1 %

"J" 1° Séquence = 639 ms
"J" 2° Séquence = 612 ms
"J" 3° Séquence = 612 ms
"S" 1° Séquence = 585 ms
"S" 2° Séquence = 566 ms
"S" 3° Séquence = 566 ms
"N" 1° Séquence = 714 ms
"N" 2° Séquence = 660 ms
"N" 3° Séquence = 654 ms

Interaction "séquence/sens"
cf. figure 7
SIGNIFICATIVE pour un seuil de probabilité de 5 %

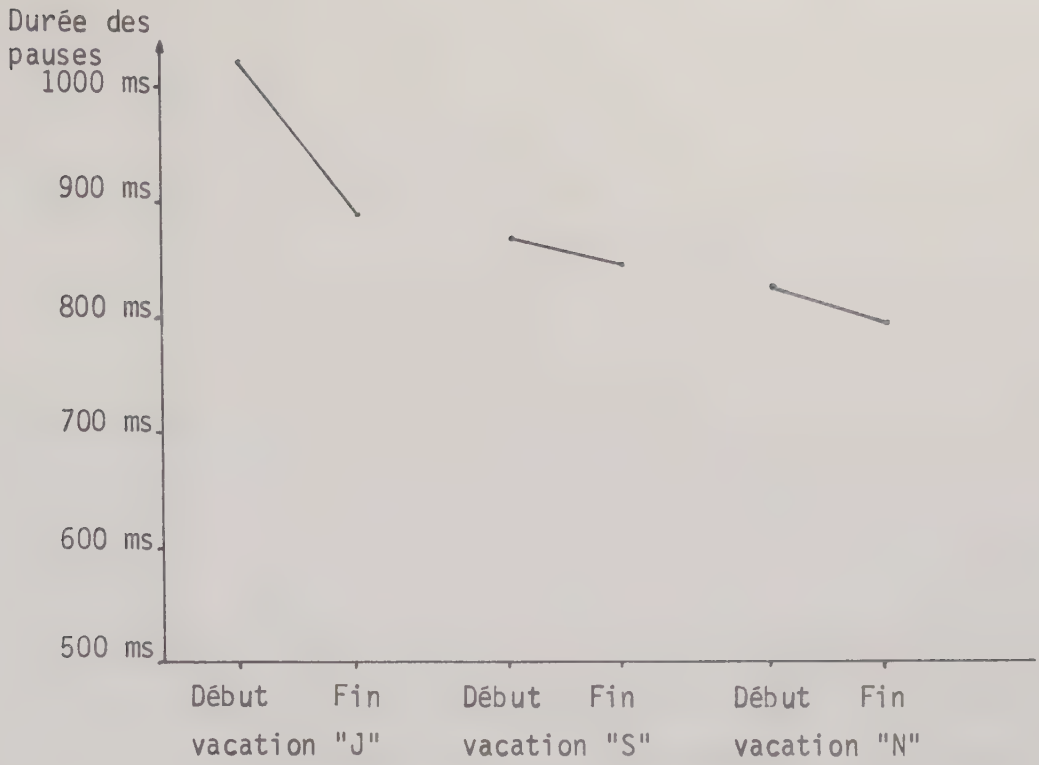
	droite	gauche
1° Séquence	924 ms	882 ms
2° Séquence	885 ms	868 ms
3° Séquence	870 ms	838 ms

Interaction "séquence/sens"

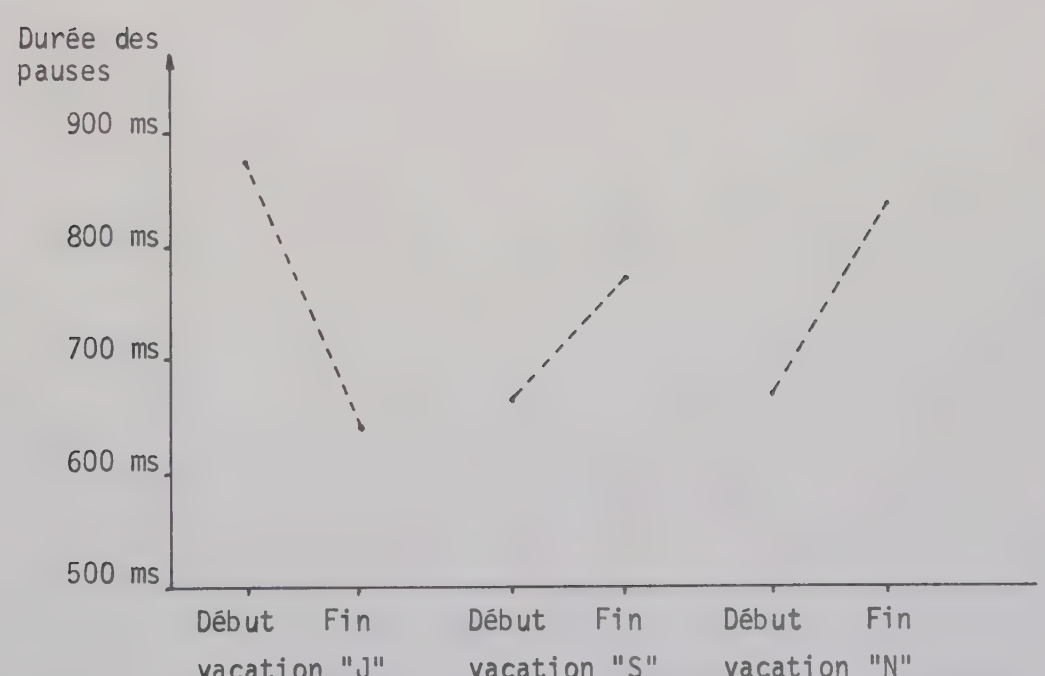
non significative

	droite	gauche
1° Séquence	652 ms	640 ms
2° Séquence	638 ms	616 ms
3° Séquence	608 ms	613 ms

...



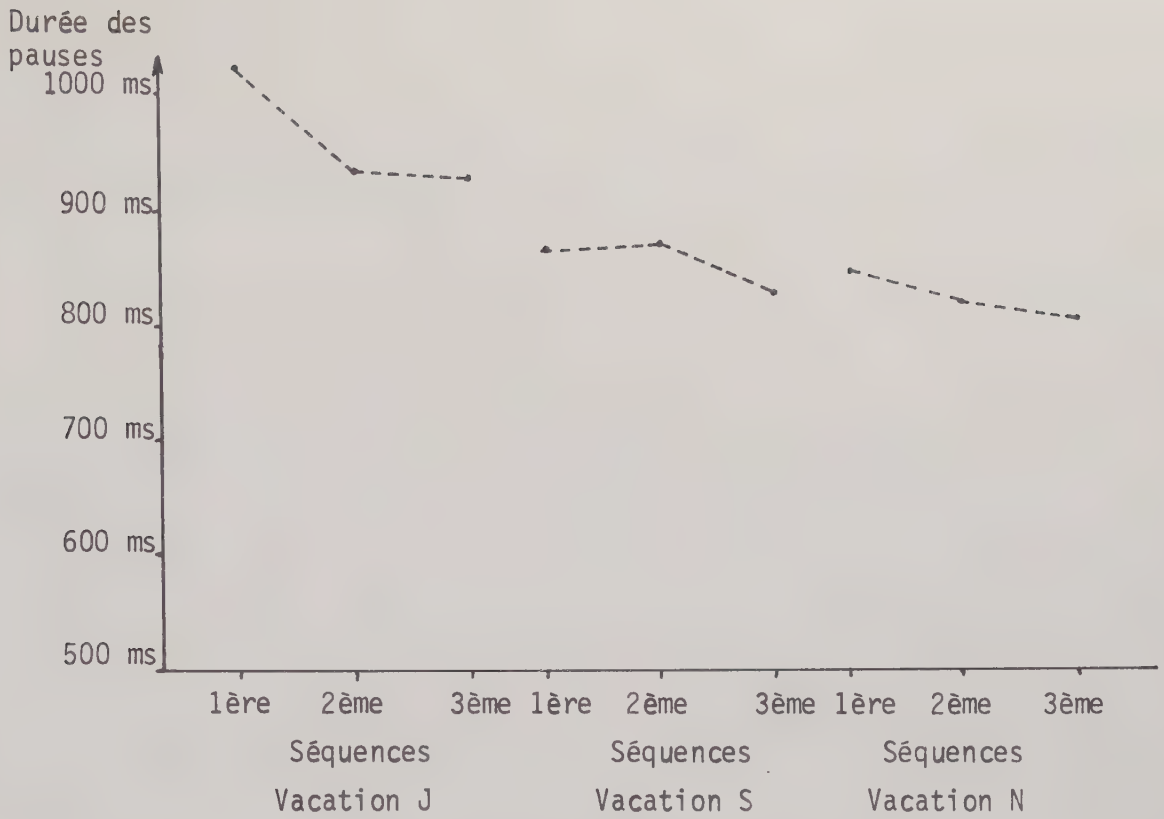
Combinaison de vacations "J-S-N" : Effet significatif



Combinaison de vacations "N-J-S" : Effet significatif

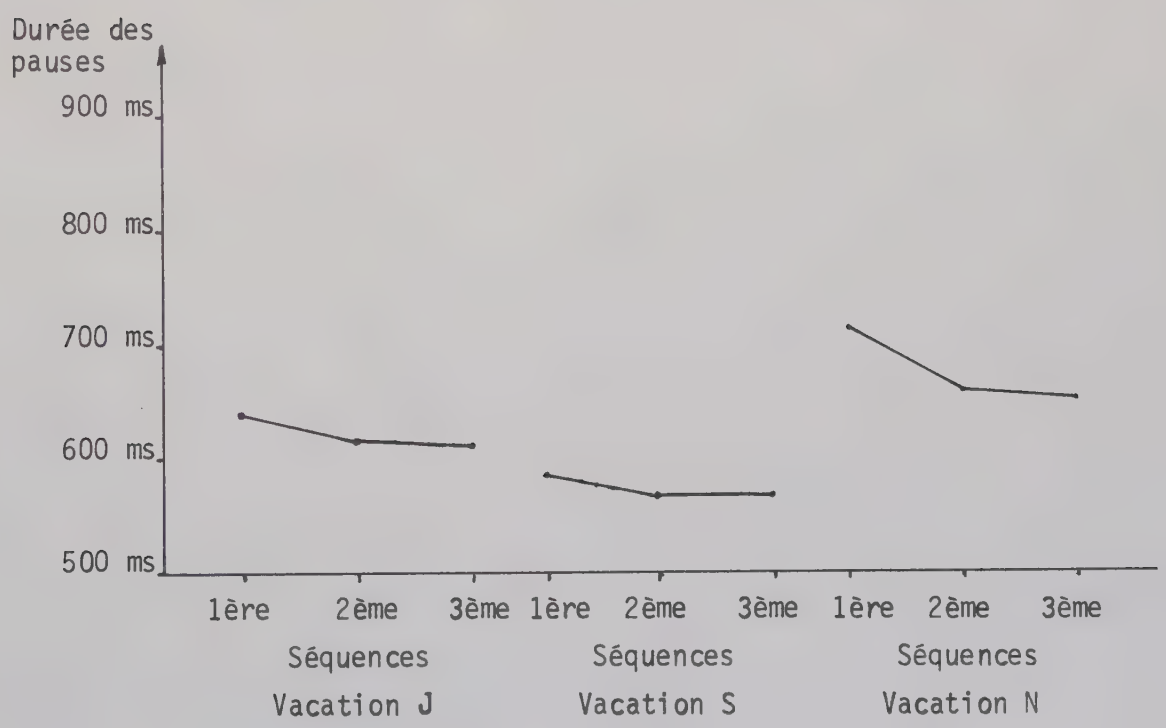
Figure 5 : représentation graphique de l'influence de l'interaction "vacation/tâche"sur la durée des pauses oculaires

NB:Sur les figures les tracés non significatifs sont en pointillés.



Interaction "vacation/séquence"

Combinaison de vacations : "J-S-N" : effet non significatif



Interaction "vacation/séquence"

Combinaison de vacations : "N-J-S" : effet significatif

Figure 6 : représentation graphique de l'influence de l'interaction "vacation/séquence" sur la durée des pauses oculaires

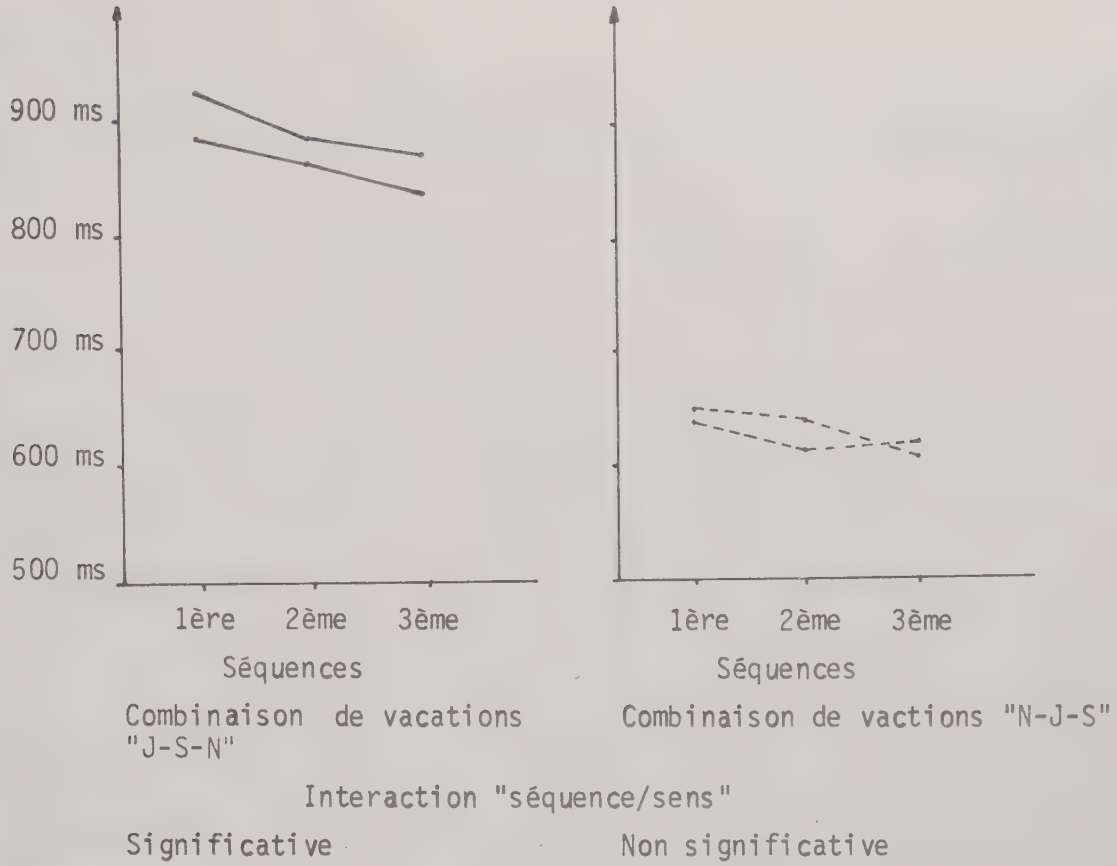


Figure 7 : représentation graphique de l'influence de l'interaction "séquence/sens" sur la durée des pauses oculaires

TABLEAU 6

TABLEAU DE L'ANALYSE DE VARIANCE DE LA DUREE DES PAUSES OCULAIRES DU GROUPE DES 15 SUJETS APPARTENANT AUX TROIS CENTRES ET AYANT LA COMBINAISON DE VACATIONS : "J-S-N"

	d.d.l.	S.C.C.(1)	S.C.M.(2)	F	seuil de probabilité
Total	539	2 515 251			
Sujet	14	1 625 456			
Effet vacation (A)	2	104 676	52 338	4,50	5 %
Résidu	28	325 865	11 638		
Effet tâche (B)	1	21 370	21 370	4,73	5 %
Résidu	14	63 208	4 515		
Effet séquence (C)	2	13 509	6 755	8,60	1 %
Résidu	28	21 970	785		
Effet Sens (D)	1	7 836	7 836	3,56	
Résidu	14	30 804	2 200		
Interaction AB	2	30 056	15 028	4,42	5 %
Résidu	28	95 188	3 400		
Interaction AC	4	5 698	1 425	1,59	
Résidu	56	50 240	897		
Interaction AD	2	1 149	576	2,61	
Résidu	28	6 184	221		
Interaction BC	2	455	228	0,36	
Résidu	28	17 867	638		
Interaction BD	1	366	366	3,06	
Résidu	14	1 677	120		
Interaction CD	2	897	449	3,96	5 %
Résidu	28	3 169	113		
Interaction ABC	4	3 067	767	0,76	
Résidu	56	56 792	1 014		
Interaction ABD	2	914	457	1,65	
Résidu	28	7 760	277		
Interaction ACD	4	434	109	0,97	
Résidu	56	6 282	112		
Interaction BCD	2	76	38	0,23	
Résidu	28	4 655	166		
Interaction ABCD	4	837	209	1,72	
Résidu	56	6 794	121		

(1) S.C.C. = somme des carrés centrés

(2) S.C.M. ==somme des carrés moyens

TABLEAU 7

TABLEAU DE L'ANALYSE DE VARIANCE DE LA DUREE DES PAUSES OCULAIRES DU GROUPE DES 9 SUJETS D'AIX, AYANT LA COMBINAISON DE VACATIONS "N-J-S"

	d.d.l.	S.C.C.	S.C.M.	F	Seuil de probabilité
Total	323	697 132			
Sujet	8	553 207			
Effet vacation (A)	2	36 522	18 261	17,87	1 %
Résidu	16	16 355	1 022		
Effet tâche (B)	1	29	29	0,03	
Résidu	8	10 430	1 304		
Effet séquence (C)	2	5 414	2 707	12,71	1 %
Résidu	16	3 409	213		
Effet "Sens" (D)	1	1	1	0,00	
Résidu	8	16 109	2 014		
Interaction AB	2	2 291	1 146	0,75	
Résidu	16	24 359	1 522		
Interaction AC	4	1 273	318	4,61	1 %
Résidu	32	2 215	69		
Interaction AD	2	262	131	1,41	
Résidu	16	1 494	93		
Interaction BC	2	265	133	1,43	
Résidu	16	1 483	93		
Interaction BD	1	0	0	0,00	
Résidu	8	2 025	253		
Interaction CD	2	395	198	1,96	
Résidu	16	1 609	101		
Interaction ABC	4	514	129	0,91	
Résidu	32	4 532	142		
Interaction ABD	2	203	102	0,55	
Résidu	16	2 951	184		
Interaction ACD	4	98	94	0,34	
Résidu	32	4 607	144		
Interaction BCD	2	218	109	0,87	
Résidu	16	2 015	126		
Interaction ABCD	4	371	93	1,19	
Résidu	32	2 476	78		

4242 - Analyse du paramètre vitesse maximale des saccades

Les données de l'étude des vitesses maximales des saccades, sont traitées suivant le même plan que celles des pauses oculaires. Une analyse de variance a été faite sur les deux groupes. Cf. tableaux 8 & 9.

EFFETS PRINCIPAUX

Groupe ayant la combinaison "J-S-N"

Effet "vacation"
non significatif

"J" = 342°/sec

"S" = 313°/sec

"N" = 310°/sec

Effet "tâche"
significatif pour un seuil de probabilité de 5 %

Début = 334°/sec

Fin = 310°/sec

Effet "séquence" cf. figure 8
significatif pour un seuil de probabilité de 1 %

1° Séquence = 328°/sec

2° Séquence = 321°/sec

3° Séquence = 313°/sec

Effet "sens"
significatif pour un seuil de probabilité de 1 %

Droite = 310°/sec

Gauche = 306°/sec

Groupe ayant la combinaison "N-J-S"

Effet "vacation"
non significatif

"J" = 360°/sec

"S" = 327°/sec

"N" = 350°/sec

Effet "tâche"
non significatif

Début = 356°/sec

Fin = 349°/sec

Effet "séquence"
non significatif

1° Séquence = 350°/sec

2° Séquence = 350°/sec

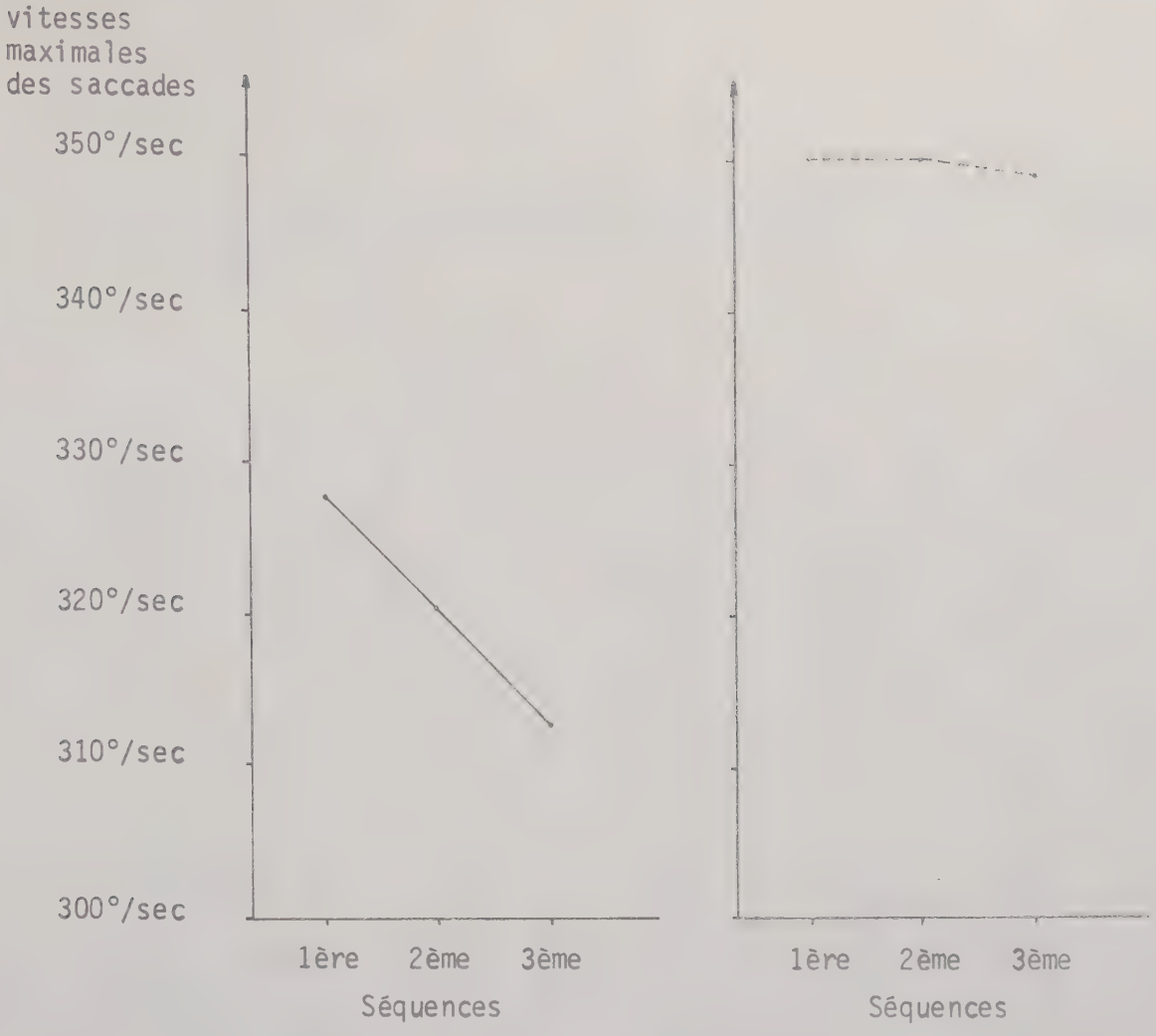
3° Séquence = 349°/sec

Effet "sens"
significatif pour un seuil de probabilité de 1 %

Droite = 370°/sec

Gauche = 330°/sec

...



Groupe des sujets examinés dans la combinaison de vacations : "J-S-N"

Effet "séquence" significatif

Groupe des sujets examinés dans la combinaison de vacations : "N-J-S"

Effet "séquence" non significatif

Figure 8 : influence de l'effet "séquence" sur la vitesse maximale des saccades

TABLEAU 8

TABLEAU DE L'ANALYSE DE VARIANCE DE LA VITESSE MAXIMALE DES SACCADES OCULAIRES DES 15 SUJETS APPARTENANT AUX 3 CENTRES, ET AYANT LA COMBINAISON DE VARIATIONS : "J-S-N"

	d.d.l.	S.C.C.	S.C.M.	F	seuil de probabilité
Total	539	1 847 628			
Sujet	14	691 293			
Effet vacation (A)	2	60 934	30 467	2,21	
Résidu	28	386 845	13 816		
Effet tâche (B)	1	39 527	39 527	5,63	5 %
Résidu	14	98 288	7 021		
Effet séquence (C)	2	8 919	4 460	6,53	1 %
Résidu	28	19 114	683		
Effet "Sens" (D)	1	69 260	69 260	17,55	1 %
Résidu	14	55 239	3 946		
Interaction AB	2	18 220	9 110	1,30	
Résidu	28	195 834	6 994		
Interaction AC	4	500	125	0,17	
Résidu	56	40 353	721		
Interaction AD	2	148	74	0,08	
Résidu	28	25 381	906		
Interaction BC	2	2 032	1 016	1,01	
Résidu	28	28 276	1 010		
Interaction BD	1	197	197	0,46	
Résidu	14	5 940	424		
Interaction CD	2	62	31	0,18	
Résidu	28	4 703	168		
Interaction ABC	4	869	217	0,30	
Résidu	56	40 477	732		
Interaction ABD	2	4 012	2 006	4,21	5 %
Résidu	28	13 325	476		
Interaction ACD	4	513	128	0,42	
Résidu	56	17 002	304		
Interaction BCD	2	650	325	1,95	
Résidu	28	4 666	167		
Interaction ABCD	4	844	211	0,83	
Résidu	56	14 205	254		

TABLEAU 9

TABLEAU DE L'ANALYSE DE VARIANCE DE LA VITESSE MAXIMALE DES SACCADES OCULAIRES DES 9 SUJETS D'AIX, AYANT LA COMBINAISON DE VACATIONS : "N-J-S"

	d.d.l.	S.C.C.	S.C.M.	F	seuil de probabilité
Total	323	904 121			
Sujet	8	247 401			
Effet vacation (A)	2	10 676	5 338	0,94	
Résidu	16	90 844	5 678		
Effet tâche (B)	1	18	18	0,00	
Résidu	8	119 133	14 892		
Effet séquence (C)	2	69	34	0,07	
Résidu	16	7 506	469		
Effet "Sens" (D)	1	60 243	60 243	16,12	1 %
Résidu	8	29 901	3 738		
Interaction AB	2	230	115	0,01	
Résidu	16	200 315	12 520		
Interaction AC	4	433	108	0,27	
Résidu	32	15 215	475		
Interaction AD	2	967	483	0,39	
Résidu	16	30 860	1 929		
Interaction BC	2	2 081	1 040	1,43	
Résidu	16	11 624	727		
Interaction BD	1	190	190	0,30	
Résidu	8	11 445	636		
Interaction CD	2	557	279	0,45	
Résidu	16	10 298	644		
Interaction ABC	4	2 542	636	1,11	
Résidu	32	18 410	575		
Interaction ABD	2	1 881	941	1,34	
Résidu	16	11 237	702		
Interaction ACD	4	741	185	1,46	
Résidu	32	4 018	126		
Interaction BCD	2	129	65	0,47	
Résidu	16	2 219	139		
Interaction ABCD	4	780	195	0,51	
Résidu	32	12 156	380		

INTERACTIONS DES EFFETS PRINCIPAUX

La seule interaction significative est trouvée pour le groupe des sujets ayant la combinaison de vacations "J-S-N". Il s'agit de l'interaction triple des effets "vacation", "tâche" & "sens". Sa signification est très hasardeuse à interpréter. C'est pourquoi nous la négligerons dans la suite de l'analyse.

V - DISCUSSION DES RESULTATS

51 - RESULTATS QUALITATIFS

L'étude de la morphologie des oculogrammes permet d'assurer qu'il n'y a eu aucun indice permettant de suspecter une somnolence quelconque chez les sujets examinés. Ce résultat est sûr puisqu'il a été obtenu sur 368 tracés provenant de l'examen de 66 sujets, sur 3 vacations différentes.

Cependant, il est possible de discuter la sensibilité de l'épreuve. On remarque dans les travaux rapportés par ANGIBOUST, que les détériorations observées n'apparaissent chez la plupart des sujets qu'après une perturbation du sommeil de deux nuits consécutives. Ceci tendrait à prouver que l'épreuve n'est peut-être pas très sensible. Mais il est tout de même possible d'affirmer que, du fait de la persistance du positionnement oculaire par saccades, les opérateurs ont conservé intacte leur possibilité de recherche d'informations visuelles.

52 - RESULTATS QUANTITATIFS

La question est de savoir si les résultats du traitement des données quantitatives choisies peuvent fournir des indications plus fines que les résultats qualitatifs.

521 - Durée des pauses oculaires

Aucune différence significative n'a été trouvée en fonction de l'âge des sujets. Il faut néanmoins remarquer que les sujets les plus âgés ont des pauses plus courtes. Par contre, il apparaît une différence entre les trois centres sans explication possible.

Les sources de variation liées à la structure de l'épreuve ne montrent pas de différences liées à la position de la cible (effet "sens"),

...

mais par contre, objectivent une différence extrêmement nette tenant à l'ordre des séquences. Une diminution très significative de la durée des pauses, d'une séquence à l'autre, apparaît dans les deux groupes. Ce signe permet de dire qu'au fur et à mesure des passages de l'épreuve, le sujet raccourcit la durée de ses pauses oculaires. On peut penser à un effet de facilitation, d'origine purement motrice, ou perceptive, le sujet se familiarisant avec l'aspect perceptif de la cible (il ne regarde plus la cible), l'hypothèse d'une sorte d'automatisme kinesthésique peut également être soulevée.

Les variables liées aux conditions de travail montrent dans un des groupes un léger raccourcissement de la durée des pauses à la fin de la vacation, mais il n'est pas retrouvé dans l'autre. En ce qui concerne l'effet de la position de la vacation dans le nycthémère, des différences très significatives apparaissent dans les deux groupes. Mais, lorsqu'on analyse ces effets, on s'aperçoit qu'ils ne sont pas cohérents dans l'un et l'autre groupe, et qu'en réalité, il semble que l'on ait affaire plus à un effet d'ordre, qu'à un effet du nycthémère. Dans une répétition à long terme est observé un effet identique à celui observé dans une répétition à court terme avec l'effet séquence. Cependant, il n'est pas exclu que l'existence d'un effet nychémèral expliquerait un allongement important des pauses dans les vacations de nuit et l'interaction "vacation-tâche". Il est impossible de dissocier les deux facteurs, ordre et effet nycthémèral, en raison du plan d'analyse qui a été adopté.

De toutes façons, la signification pratique de ce paramètre, la durée des pauses, est semble-t-il peu importante étant donné que cette durée d'une part dépend de la manière dont le sujet interprète la consigne qui lui est donnée, d'autre part, de son tempo personnel, et qu'elle peut être allongée volontairement par le sujet.

522 - Vitesse maximale des saccades

L'effet de l'âge a montré chez les "vieux", une vitesse maximale plus faible par rapport aux jeunes ; cependant, cette différence ne s'est pas avérée significative. En ce qui concerne les centres, aucune différence significative n'a été trouvée, bien que les extrêmes varient entre 341 & 450 degrés/seconde.

Les sources de variations liées à la structure de l'épreuve montrent qu'il existe des différences extrêmement significatives dans les deux groupes étudiés, en ce qui concerne le sens des mouvements. Les mouvements vers la droite sont plus rapides que vers la gauche. Ceci confirme une donnée très classique, à savoir qu'il existe une hétérogénéité de la vitesse de déplacement du regard selon les axes du regard et suivant les axes du champ perceptif (GERATEWOHL 1954, GABERSEK 1963). En ce qui concerne les séquences, dans un des deux groupes, une certaine tendance à peine significative, montre une diminution de la vitesse maximale dans les séquences successives de chaque test. Cette différence n'est pas retrouvée dans l'autre groupe. On peut dire quand même que la répétition à long terme ne modifie pas la vitesse maximale des saccades.

...

Les variations liées aux conditions de travail montrent une diminution de la vitesse maximale à la fin de la tâche, mais ce ralentissement n'est statistiquement significatif que dans un seul des deux groupes. On pourrait penser que ce ralentissement est l'indice d'une certaine fatigue oculaire, sans préjuger de ce que peut recouvrir ce terme.

En utilisant les appréciations des sujets recueillies systématiquement au moment de chaque enregistrement, sur leur sentiment de fatigue. Il est recherché s'il existe une relation entre les variations de la vitesse maximale entre le début et la fin de la tâche et le sentiment de fatigue exprimé. Les variations de la vitesse maximale des saccades ont été classées en trois niveaux : (Cf. annexe tableau A)

- T1 = différence significative entre le début et la fin, avec ralentissement à la fin ;
- T2 = pas de différence significative entre le début et la fin ;
- T3 = différence significative entre le début et la fin, avec augmentation de la vitesse maximale en fin.

Le sentiment de fatigue a été, de son côté, classé en trois niveaux :

- F1 = sentiment de fatigue important, correspondant à un travail intense ;
- F2 = fatigue moyenne, correspondant à un travail normal ;
- F3 = aucun sentiment de fatigue.

Pour l'ensemble des 72 vacations ainsi étudiées (3 vacations pour 15 + 9 sujets), le coefficient de corrélation de BRAVAIS-PEARSON entre ces deux variables a été calculé, Cf. tableau 10.

	évolution de la vitesse maximale			
	T1	T2	T3	Total
niveaux du sentiment de fatigue F1	18	6	4	28
niveaux du sentiment de fatigue F2	4	16	5	25
niveaux du sentiment de fatigue F3	2	9	8	19
Total	24	31	17	72

Tableau 10 : répartition des sujets des deux échantillons réunis, suivant l'évolution de la vitesse maximale de leurs saccades et le niveau de leur sentiment de fatigue.

...

La valeur du coefficient de corrélation calculé est de r = 0,46 ; il est statistiquement significatif pour un seuil de probabilité de 5 %. Ainsi peut être mise en évidence la tendance qu'a la vitesse maximale de déplacement oculaire par saccades à diminuer en fonction de la charge de travail ou de la fatigue appréciée subjectivement.

La tâche paraît bien avoir une influence sur la vitesse maximale des saccades, et il semble que celle-ci soit d'autant plus diminuée que la fatigue ressentie est plus intense.

Par contre, aucune influence significative du facteur vacation n'a été trouvée ; ce qui semble indiquer qu'il n'existe pas de variations nycthémèrales de ce paramètre.

53 - INTERET DE L'ETUDE

En pratique, l'analyse quantitative de ces tracés oculographiques permet d'affirmer que les sujets étudiés n'ont pas présenté, au cours des vacations de travail étudiées, des perturbations importantes de leur état d'éveil. Cependant, l'analyse des paramètres quantitatifs de l'Oculogramme, et en particulier celles de la variation de la vitesse maximale des saccades, a montré que dans l'échantillon étudié, ce dernier paramètre varie d'une façon significative avec la fatigue exprimée par les sujets. Néanmoins, avant de pouvoir affirmer que la diminution de la vitesse maximale des saccades est un indice de la fatigue des sujets au cours d'une tâche perceptive visuelle, il sera nécessaire de procéder à de nouvelles expérimentations. Si la relation qui a été trouvée se confirme, nous posséderons un nouvel indice Electro-Oculographique utilisable dans des situations de travail perceptif visuel.

VI - CONCLUSIONS

Dans le cadre d'une étude des conditions de travail des Officiers Contrôleurs de la Circulation Aérienne, un indice Electro-Oculographique a été proposé pour étudier l'évolution du niveau d'éveil des opérateurs.

Des travaux récents ont montré que le positionnement oculaire par saccades était remplacé par un positionnement par mouvements lisses au cours des états de somnolence.

Au cours des différentes vacations, au début et à la fin de la tâche, le positionnement oculaire d'un groupe de soixante six Premiers Contrôleurs appartenant aux trois centres français de contrôle aérien régional a été systématiquement étudié dans une épreuve Electro-Oculographique standardisée.

...

L'étude morphologique des trois cent soixante huit tracés Electro-Oculographiques enregistrés n'a pas permis de mettre en évidence des modifications du positionnement oculaire par saccades pouvant être l'indice d'une détérioration importante de l'état d'éveil, dans le groupe étudié. Cependant, l'étude quantitative des paramètres de l'Oculogramme a montré une variation systématique de la vitesse maximale des saccades, en relation avec la tâche, et surtout corrélée avec le sentiment de fatigue exprimée par les opérateurs, la vitesse maximale étant d'autant plus diminuée que le sentiment de fatigue exprimé est le plus intense.

Si cette corrélation se confirmait dans des études ultérieures, la vitesse maximale des saccades, qui par ailleurs ne varie, ni avec l'âge, ni avec le nycthémère pourrait être considérée comme un bon indice de la fatigue au cours des tâches perceptibes visuelles.

Des modifications systématiques de la durée des pauses oculaires ont également été trouvées, elles ne sont pas liées aux conditions de travail, mais à la structure de l'épreuve oculographique utilisée.

VII - BIBLIOGRAPHIE

71 - STATISTIQUES

1 - COCHRAN W.G. - COX G.M. "Experimental Designs" Wiley & son Inc. Edit.

2 - DE FAYOLLE (C.R.S.S.A. LYON) Cours de statistiques.

3 - MORONEY M.J. "Comprendre la Statistique" Marabout Université.

4 - WINER "Statistical Principles in Experimental Desing" Mc Graw-Hill Edit.

72 - MOUVEMENTS OCULAIRES

1 - ANGIBOUST R. - CAILLER B.
"Intérêt de l'électro oculographie en ergonomie"
Revue des Corps de Santé 1972 13 (5) 473-495.

2 - ANGIBOUST R. - REY J. - GODINOU J.C. - BOURDARIAS J.
"Une épreuve objective pour apprécier l'état fonctionnel du système oculomoteur au cours des états de somnolence"
Rev. Méd. Aéro. 1972 11 (41) 11-14.

3 - ANGIBOUST R.
"Les conséquences des dégradations de l'état d'éveil sur les mouvements de positionnement oculaire par saccades"
Rev. Méd. Aéro. 1974 13 (49) 81-86.

4 - ASCHOFF J.C.
"Characteristics of volontary saccadic eye movement and their importance for pilot performance"
A.G.A.R.D. Conference Proceedings 1970 61, 24-1 24-7.

ATKIN A.
"Variation in the velocity of ocular fixation shifts with change of level of alertness"
Preliminary study (1962) personnel communication.(in ASCHOFF J.C.)

5 - BIZZI E.
"Discharge of frontal eye field neuron during saccadic and following eye movements in unanesthesic monkey"
Exp. Brain Res. 1968 6, 69-80.

6 - CHAMBERS E.G.
"Mouvements oculaires et perception visuelle"
Bull. C.E.R.P., Fr. 1962 11 (4) 343-354.

...

7 - CROMMERLINCK M. - ROUCOUX A.
"Influence du niveau de vigilance sur les caractéristiques des saccades oculaires spontannées chez le chat"
J. Physiol. PARIS, 1974 69 (2) ; 241 A.

8 - DODGE R. - CLINE T.S.
"The angle velocity of eye movements"
Psychol. Rev., 1901 8, 145-157.

9 - FORD A.
"Significance of terminal transients in electro-oculographic recording"
Arch. Ophtal., 1959 61, 899-906.

10 - FUCHS A.F.
"Saccadic and smooth pursuit eye movements in the monkey"
J. Physiol. LONDON, 1967 191, 609-631.

11 - GAARDER K.
"Fine eye movements during inattention"
Nature, G.B. 1966 209 (2018), 83-4.

12 - GABERSEK V.
"Le temps de réaction oculomoteur en fonction de l'âge"
J. Physiol. Fr 1963 55 (2) 252.

13 - GERATHEWOHL S.J.
"Eye movementsduring radar operations"
J. of Aviat. Med. 1952 23, 597-607.

14 - GERATHEWOHL S.J.
"Time consomption of eye movements and high speed flying"
J. of Aviat. Med. 1954 25, 38-45.

15 - GONSHOR A. - MALCOLM R.
"Effect of changes in illumination level on electro-oculographie"
Aerospace Med. 1971 42 (2) 138-40.

16 - HEYWOOD S.
"Pursuing stationary dots : smooth eye movements and apparent movement"
Perception 1973 2 (2) 181-195.

17 - KRIS E.C.
"Vision : Electro-oculographie"
in Medical Physics" CHICAGO year book publishers pp 691-700.

18 - LABORIT G. - ANGIBOUST R. - PAPIN J.P.
"Contrôle de l'intégrité des mouvements de positionnement oculaire par saccades comme test du réveil post anesthésique"
Communication à la Société Médico-Chirurgicale des Hopitaux et Formations Sanitaires des Armées - 18 septembre 1975.

19 - LESEVRE
"Enregistrement électrique des mouvements oculaires (électro-oculographie) : technique et méthodologie"
Bull. Inst. national Santé Rech. Méd. Fr 1967 22 (1) 163-172.

...

20 - LEVY-SCHOEN A.
"L'étude des mouvements oculaires"
Collection "Sciences du comportement" DUNOD Edit. 1969.

21 - Mc LAUGHLIN S.C. - KELLY M.J. - ANDERSON R.E. - WENZ T.G.
"Localization of a peripheral target during parametric adjustment of saccadic eye movements"
Perception and Psychophysics 1968 4 (1) 45-48.

22 - MACWORTH N.H. - KAPLAN I.T. - METLAY W.
"Eye movement during vigilance"
Percept. motor skills U.S.A. 1964 18 (2) 397-402.

23 - MELVILL JONES G. - DE JONG J.D.
"Dynamic characteristics of saccadic eye movements in Parkinson's disease"
Exp. Neurol. 1971 31 ; 17-31.

24 - MEYER E.J.
"Rythmicity of saccadic movements"
Arch. Ophtalm. 1966 76 (4) 554-556.

25 - MILES W.R.
"Modification of the human eye potential by dark and light adaptation"
Science 1940 91 ; 456.

26 - OHTANI A.
"An analysis of eye movements during a visual task"
Eergonomics 1971 14 (1) 167-174.

27 - PARROT J.
"Analyse vectographique de l'électro-oculogramme : application aux mouvements horizontaux du globe oculaire"
C.R. Soc. Biol. Fr 1964 157 (12) ; 2311.

28 - RASHBASS C.
"The relationship between saccadic and smooth tracking eye movements"
J. Physiol. G.B. 1961 159 ; 326-38.

29 - REMOND A. - LESEVRE N. - GABERSEK V.
"Approche d'une sémiologie électrographique du regard"
Revue Neurologique 1957 96 (6) 536-546.

30 - ROBINSON D.A.
"Models of the saccadic eye movement control system"
Kibernetik 1973 14, 71-83.

31 - RONS S. - ROBINSON D.A. - SKAVENSKI A.A.
"Saccades and the quick phase of nystagmus"
Vision Res. 1972 12 ; 2015-2022.

32 - STARR A.
"Localization of objects in visual space with abnormal saccadic eye movement"
Brain 1967 90 (3) 541-544.

...

33 - STARR A.
"A disorder of rapid eye movements in Hutington's chorea"
Brain 1967 90, 545-564.

34 - STERN J.A. - BREMER D.A. - Mc CLURE J.
"Analysis of eye movements and blinks during reading : effects of VALIUM"
Psychopharmacologia (Berl.) 1974 40 ; 171-175.

35 - YARBUS A.L.
"Eye movements and vision"
(traduit du Russ) Plenum Press Edit. 1967.

à paraître: ANGIBOUST R.,COBY J.,OUDIN J.L.,PAPIN J.P.,NOLLAND R.

"Surveillance de l'état d'éveil au cours du travail chez les contrôleurs de la navigation aérienne par une technique Electro-Oculographique"

Communication à la XI^{ème} conférence de l'Association de l'Europe Occidentale pour la Psychologie Aéronautique STOKHOLM,Septembre 1975.

ANNEXE
======

TABLEAU A_1

Vacation J

Sujet	Variation début-fin en %	Valeur du F statistique calculé	Vitesse maximale (T)	Sentiment fatigue (F)
102	+ 10,03	2,75	2	2
107	- 08,21	3,02	2	3
113	+ 30,12	74,96	1	1
116	+ 03,81	1,30	2	1
121	+ 01,31	0,10	2	3
128	+ 07,88	12,48	1	1
131	- 01,17	0,15	2	2
207	- 00,19	0,02	2	1
216	- 08,17	9,39	3	3
218	+ 15,60	66,85	1	1
222	+ 11,98	23,50	1	1
223	+ 03,17	2,86	2	2
303	- 05,95	5,23	3	3
304	+ 08,76	9,15	1	1
306	+ 04,83	2,93	2	2
202	+ 07,02	5,48	1	2
204	+ 06,22	4,69	2	3
205	+ 11,28	9,84	1	2
206	- 37,13	271,97	3	3
209	- 02,77	3,00	2	2
210	+ 12,85	25,42	1	1
214	- 15,62	12,65	3	3
215	- 14,78	38,07	3	2
220	+ 18,75	22,33	1	1

TABLEAU A_2

Vacation S

Sujet	Variation début-fin en %	Valeur du F statistique calculé	Vitesse maximale (T)	Sentiment fatigue (F)
102	+ 12,34	32,31	1	1
107	- 04,03	2,01	2	3
113	- 05,45	5,06	3	1
116	+ 02,00	0,96	2	2
121	+ 05,23	2,21	2	3
128	- 10,52	16,27	3	1
131	- 05,50	3,56	2	1
207	+ 07,93	6,75	1	3
216	+ 07,47	4,68	2	2
218	+ 00,04	0,00	2	3
222	+ 09,24	3,59	2	1
223	- 03,93	1,97	2	3
303	+ 08,24	5,56	1	3
304	+ 02,64	1,43	2	3
306	+ 27,32	65,00	3	1
202	- 04,02	1,57	2	1
204	- 11,23	19,07	3	3
205	+ 08,32	3,42	2	2
206	- 05,16	1,84	2	2
209	- 31,30	79,90	3	3
210	+ 12,40	8,27	1	1
214	+ 09,00	4,56	2	2
215	+ 10,92	24,24	1	2
220	+ 05,66	9,32	1	1

TABLEAU A_3

Vacation N

Sujet	Variation début-fin en %	Valeur du F statistique calculé	Vitesse maximale (T)	Sentiment fatigue (F)
102	+ 10,04	6,05	1	1
107	+ 16,30	14,81	1	1
113	+ 07,63	4,04	2	3
116	+ 10,59	8,70	1	1
121	- 01,16	0,05	2	3
128	+ 06,97	5,88	1	1
131	- 05,22	2,51	2	2
207	- 06,77	4,07	2	2
216	- 12,61	4,57	2	3
218	+ 16,76	53,80	1	2
222	- 01,21	0,02	2	3
223	+ 00,19	0,00	2	3
303	+ 30,11	356,19	1	1
304	+ 14,27	38,25	1	1
306	- 00,76	0,06	2	2
202	- 10,56	28,26	3	3
204	- 20,06	53,01	3	3
205	+ 09,33	1,77	2	2
206	+ 04,27	1,11	2	2
209	- 05,73	6,99	3	1
210	- 04,54	1,66	2	2
214	+ 12,37	17,01	1	1
215	+ 14,82	21,97	1	1
220	+ 00,22	0,00	2	1

Pour chaque sujet étudié, les données sont présentées suivant le tableau ci-dessus :

		J		S		N	
		Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin
1ère Séquence	Droit						
	Gauche						
2ème Séquence	Droit						
	Gauche						
3ème Séquence	Droit						
	Gauche						

RESULTATS DES MESURES DES OCULOGRAMMES EXPRIMES EN MILLIMETRES

	PAUSES	DERIVEES
Sujet n° 102 :	298 257 257 305 291 298	514 427 459 422 466 412
	270 252 252 257 286 243	473 491 454 408 471 435
	230 275 275 342 337 265	428 356 439 377 401 388
	205 257 257 310 292 227	429 404 431 383 469 428
	250 274 274 340 303 290	410 345 453 389 439 352
	220 249 249 300 294 254	427 389 438 365 484 441
Sujet n° 107 :	308 278 270 235 294 283	498 559 464 482 555 458
	279 260 253 224 223 267	435 490 437 437 487 424
	298 255 265 241 236 277	518 579 444 454 598 452
	294 265 264 243 243 276	462 506 431 430 489 415
	342 261 258 251 229 268	551 551 436 467 527 455
	328 261 258 251 229 268	472 492 394 441 467 410
Sujet n° 113 :	190 171 165 171 181 154	563 383 412 451 462 395
	195 156 157 179 180 158	483 359 430 430 421 400
	205 159 170 170 152 155	556 367 412 463 471 423
	194 169 174 183 171 173	477 339 413 431 408 381
	202 150 167 173 151 154	508 350 407 438 460 445
	191 165 170 183 161 157	474 341 401 397 399 377
Sujet n° 116 :	255 269 233 249 258 206	515 474 434 419 524 490
	246 254 252 261 263 206	433 431 398 402 448 462
	234 272 264 255 296 241	501 469 421 425 541 467
	263 255 241 249 297 255	467 436 425 393 489 420
	250 267 251 248 269 272	483 469 427 423 521 459
	236 258 242 261 277 257	435 447 401 394 508 412
Sujet n° 121 :	357 363 280 287 220 227	421 393 464 418 364 431
	333 308 277 245 207 160	379 413 396 366 364 443
	400 263 277 271 204 209	445 422 412 429 372 357
	352 260 252 232 188 188	380 414 416 386 394 360
	371 281 276 294 204 190	451 380 412 428 376 354
	323 249 229 244 190 177	365 387 442 382 372 323

	PAUSES	DERIVEES
Sujet n° 128 :	286 239 215 200 169 230	408 398 414 445 447 427
	309 241 228 198 186 230	441 394 414 426 408 388
	282 217 197 192 167 198	435 417 407 431 448 424
	278 217 221 199 179 220	443 391 372 421 416 386
	270 206 207 190 168 213	417 382 381 456 436 399
	254 220 215 168 178 227	407 368 369 426 412 364
Sujet n° 131 :	218 200 219 240 183 198	500 502 494 549 461 503
	218 207 245 224 221 219	466 522 475 488 424 496
	198 199 227 210 184 190	495 525 503 560 483 463
	207 220 235 197 181 197	489 451 481 525 425 457
	203 203 193 207 149 216	494 489 544 531 490 489
	212 209 209 186 164 224	463 452 501 510 435 452
Sujet n° 202 :	253 224 213 211 219 278	530 535 498 565 501 559
	244 194 186 250 197 232	473 503 477 503 471 527
	252 224 195 222 207 240	544 495 464 494 484 541
	214 203 172 228 187 241	535 483 480 468 510 575
	256 216 224 223 229 249	562 474 484 508 506 529
	212 207 197 206 205 234	563 492 486 466 502 557
Sujet n° 204 :	109 108 099 099 154 138	527 521 466 526 401 494
	151 131 120 112 177 194	507 501 464 544 421 502
	100 096 092 102 138 126	552 516 507 548 458 514
	129 120 115 122 155 145	572 462 436 501 412 474
	093 085 084 095 130 140	544 536 489 518 409 534
	153 115 127 131 142 141	511 477 478 522 416 504
Sujet n° 205 :	110 111 107 109 165 132	548 543 496 500 611 486
	132 109 097 103 154 133	576 476 452 440 447 471
	087 094 089 089 129 109	546 444 518 447 621 487
	112 096 107 092 144 105	493 481 445 416 449 459
	093 078 085 092 120 098	577 457 523 437 582 505
	125 089 106 099 142 111	550 518 437 392 442 450

	PAUSES	DERIVEES
Sujet n° 206 :	142 137 133 135 146 141	425 596 513 546 557 525
	134 133 122 123 138 129	437 592 482 501 487 467
	144 140 127 133 128 130	447 630 525 563 555 525
	136 127 123 118 121 114	440 584 496 449 473 470
	145 152 122 124 144 126	424 584 523 589 553 529
	128 119 121 120 129 126	418 567 483 480 488 464
Sujet n° 207 :	309 316 254 253 351 392	580 566 512 470 530 513
	270 295 223 236 312 388	553 473 490 431 465 503
	262 249 470 280 317 408	518 576 521 474 534 570
	235 250 521 231 313 389	504 517 470 414 484 552
	296 234 293 277 376 378	558 594 491 478 511 570
	261 204 254 257 353 369	522 528 454 438 491 511
Sujet n° 209 :	168 176 167 159 182 233	426 466 406 471 450 426
	161 188 158 144 168 208	433 461 388 522 410 447
	159 175 162 152 172 226	450 463 420 546 413 438
	159 184 157 130 171 226	445 435 387 525 397 434
	167 175 165 151 165 220	433 449 409 563 427 452
	166 179 160 149 164 223	449 435 386 519 398 441
Sujet n° 210 :	222 222 181 169 226 195	516 420 412 451 402 442
	198 175 162 168 256 177	460 429 448 440 474 468
	212 188 191 165 210 212	483 423 468 404 423 426
	196 210 165 166 210 181	462 410 511 388 441 453
	199 204 183 167 216 220	477 385 458 409 383 421
	221 205 194 158 239 163	443 409 510 367 431 460
Sujet n° 214 :	103 112 109 128 144 134	463 557 479 375 538 479
	131 135 132 143 156 143	412 500 446 356 521 427
	105 112 118 109 142 120	473 537 471 471 532 470
	107 137 124 166 151 146	453 453 433 409 495 431
	097 118 104 120 148 118	466 560 463 431 550 473
	109 147 121 154 144 128	422 502 429 434 469 441

	PAUSES	DERIVEES
Sujet n° 215 :	222 206 192 197 253 252	413 482 497 446 485 421
	224 175 196 202 223 243	393 439 446 438 454 402
	228 189 185 203 200 247	411 461 509 440 477 440
	234 196 184 182 189 268	380 465 483 416 443 375
	236 207 196 170 190 239	421 476 502 438 484 387
	197 185 175 188 187 231	301 442 475 416 451 355
Sujet n° 216 :	352 390 286 328 318 292	507 538 449 456 424 534
	298 341 234 264 303 241	480 531 447 420 455 520
	372 326 262 334 272 312	483 552 511 492 417 547
	306 300 215 259 266 294	464 517 513 447 418 539
	385 341 267 259 252 310	478 482 516 467 490 427
	323 315 225 236 260 243	465 492 496 431 452 424
Sujet n° 218 :	229 168 157 164 155 168	478 412 413 430 536 408
	224 184 145 136 150 151	450 420 423 450 554 438
	170 149 139 156 117 131	471 383 415 422 524 476
	180 151 143 134 145 150	475 381 429 431 571 456
	181 132 123 137 124 124	467 409 422 385 534 471
	176 145 137 144 145 143	479 375 433 416 539 463
Sujet n° 220 :	148 124 105 132 127 146	569 451 488 445 541 530
	133 108 095 103 119 118	508 409 463 466 474 454
	119 094 098 101 121 107	563 472 479 477 545 560
	106 120 112 098 125 093	499 404 476 439 468 495
	116 105 109 091 115 100	569 481 506 447 571 565
	103 105 094 085 109 101	502 391 467 442 523 511
Sujet n° 222 :	213 138 143 125 192 128	458 414 510 499 450 545
	200 134 128 134 147 123	453 401 483 414 378 395
	186 126 136 131 156 121	498 455 565 482 455 431
	219 133 124 117 141 106	468 406 501 412 378 359
	178 153 130 119 124 112	494 435 489 521 458 426
	188 121 122 110 133 107	484 402 470 411 368 361

	PAUSES	DERIVEES
Sujet n° 223 :	151 147 158 197 137 134	513 496 493 489 564 514
	150 158 138 154 119 136	495 482 486 501 525 487
	168 136 145 170 126 132	526 522 501 523 522 547
	150 138 131 144 116 140	506 504 481 534 477 513
	150 139 138 157 124 129	529 485 499 509 525 509
	124 128 124 169 116 131	491 474 444 462 509 546
Sujet n° 303 :	395 264 300 214 206 176	534 567 469 491 435 285
	397 209 283 200 222 188	498 500 443 456 422 311
	369 239 231 189 163 165	544 569 487 436 403 289
	319 210 255 212 174 174	502 544 454 405 418 281
	377 244 250 170 176 167	516 535 508 420 417 307
	385 176 250 180 172 174	497 560 502 419 429 291
Sujet n° 304 :	304 253 240 210 170 173	431 350 447 405 468 384
	324 256 226 256 192 141	427 387 457 429 432 355
	325 241 194 201 161 158	411 391 410 423 442 388
	316 278 204 226 191 142	504 427 433 413 429 353
	291 258 187 204 158 143	452 394 422 410 411 387
	287 269 224 203 178 115	442 394 402 423 432 374
Sujet n° 306 :	176 158 149 152 149 145	597 540 445 594 500 464
	182 158 172 167 172 172	603 602 432 552 439 435
	140 150 139 159 143 142	599 571 438 546 476 462
	142 150 158 145 154 170	587 528 419 517 439 462
	138 155 132 150 135 170	588 534 435 576 484 472
	143 159 132 138 142 159	525 555 415 505 418 440

DONNEES DES SUJETS ETUDIES SEULEMENT SUR LA VACATION "J"

	PAUSES	DERIVEES		PAUSES	DERIVEES
Sujet n° 101 :	211 212	443 414	Sujet n° 105 :	099 101	649 497
	227 254	492 430		113 109	445 468
	189 234	446 426		110 110	610 488
	187 216	500 435		114 125	441 463
	226 168	462 426		109 108	608 471
	202 184	470 431		106 126	413 440
Sujet n° 106 :	248 262	539 499	Sujet n° 110 :	305 261	484 425
	281 270	533 436		341 229	387 403
	232 262	554 494		313 279	499 402
	273 295	507 425		309 249	389 401
	237 309	573 480		301 196	502 409
	253 278	504 429		281 205	404 402
Sujet n° 111 :	236 229	381 401	Sujet n° 115 :	259 251	498 495
	231 246	352 358		277 324	449 472
	220 210	379 423		259 315	456 480
	225 226	350 376		279 336	482 456
	214 226	414 445		260 310	448 454
	221 238	380 380		268 350	472 415
Sujet n° 117 :	361 366	493 466	Sujet n° 126 :	530 265	494 495
	361 381	445 409		567 258	463 463
	301 290	480 514		468 292	499 485
	233 286	436 496		418 302	491 468
	306 290	496 485		404 302	502 478
	272 282	468 456		418 289	493 459
Sujet n° 129 :	315 298	431 404	Sujet n° 133 :	226 255	499 494
	351 296	483 439		214 227	471 454
	290 228	472 423		219 227	501 488
	274 251	482 462		214 208	446 447
	236 281	467 446		224 196	475 482
	234 266	481 439		199 216	434 466
Sujet n° 201 :	111 108	376 415	Sujet n° 203 :	133 124	468 528
	133 144	403 476		114 125	539 535
	120 134	385 397		125 114	438 493
	147 154	408 389		120 124	427 493
	144 165	384 368		123 128	442 479
	139 173	380 355		117 131	459 509
Sujet n° 208 :	412 439	516 478	Sujet n° 211 :	190 194	448 576
	387 440	477 471		203 207	472 581
	380 417	461 460		191 202	508 600
	374 429	435 438		221 216	508 653
	421 406	483 439		207 219	433 554
	386 425	429 422		226 218	481 644

	PAUSES	DERIVEES
Sujet n° 212 :	405 424	529 522
	363 426	447 448
	354 445	469 542
	283 404	418 460
	361 401	480 450
	299 371	428 431
Sujet n° 217 :	167 146	472 539
	152 135	474 514
	146 133	494 555
	155 134	477 549
	149 131	498 600
	150 136	453 606
Sujet n° 221 :	229 265	457 500
	227 295	454 461
	260 282	458 465
	238 266	426 469
	278 271	456 479
	247 268	456 472
Sujet n° 305 :	201 205	461 433
	210 193	445 404
	224 165	438 443
	183 191	438 418
	206 194	426 422
	205 176	424 407
Sujet n° 308 :	831 454	498 472
	780 430	499 463
	728 415	462 455
	706 453	475 433
	726 416	437 424
	688 456	474 440
Sujet n° 310 :	222 162	584 562
	224 167	547 537
	150 145	592 564
	133 134	560 519
	128 131	602 573
	123 112	528 534

	PAUSES	DERIVEES
Sujet n° 213 :	251 221	573 553
	223 214	522 495
	248 244	551 530
	233 234	539 498
	273 233	558 528
	226 222	515 518
Sujet n° 219 :	389 351	497 468
	363 322	438 453
	352 300	485 439
	345 298	447 428
	386 365	500 489
	333 305	456 428
Sujet n° 302 :	241 306	529 514
	299 279	490 486
	229 233	524 540
	272 310	500 455
	265 282	510 464
	247 255	471 496
Sujet n° 307 :	209 199	568 509
	213 207	553 469
	210 197	568 503
	223 212	537 442
	201 212	580 465
	198 210	548 456
Sujet n° 309 :	352 330	484 494
	351 341	451 452
	350 308	505 419
	320 326	507 407
	359 325	488 421
	361 314	519 403

VU : le Président de thèse
R. LEMAIRE

Vu : le Doyen de la Faculté
de Médecine COCHIN PORT-ROYAL :
F. DELBARRE

Vu et permis d'imprimer :

Le Président de l'Université RENE DESCARTES :

J. FREZAL